TOME VII 1930

ANNALES

DU

SERVICE BOTANIQUE

DE LA DIRECTION GÉNÉRALE
DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DE LA COLONISATION

DE TUNISIE

TUNIS
SOCIÉTÉ ANONYME DE L'IMPRIMERIE RAPIDE DE TUNIS
5, rue Saint-Charles, 5

1931

ERRATA

Pages		*Au lieu de :*	*Lire :*
56	5e ligne du tableau	Verkhnatchesk 48°99'	Verkhnyatchesk 48°49'
62	Pot N° 8.....	nombre d'épis : 12	17
66	Tableau 2.....	azote % du grain	azote °/₀₀ du grain
68	n^3	eau d'hydratation : 67,54	67,32
68	Sans k	mat. az. de farine : 15,50	10,50
69	25e ligne.....	phosphates	phosphatés
225	7e ligne de texte	suffisante	suffisant
230	1,10; pas dosé; id.	13 décembre	24 mars
231	23 septembre, total.....	23.410	23.414
	24 mars, total.....	6.480	5.480
	26 avril, total	37.175	37.195
	23 mai.....	22.250	22.505
		8.520	8.480
		12.475	12.480
		43.470	43.465
234	Tableau 4, couche de 30 à 60 cm.....	Jachère : 12.20	12.25
235	5e ligne.....	meileure	meilleure
235	6e —	devient souvent	pourrait devenir

KAJANUS (BIRGER)

DIE ERGEBNISSE DER GENETISCHEN WEISENFORSCHUNG

(Bibliographia genetica III 1927, p. 142 à 244. Publié chez Martinus Nijhoff à La Haye)

Les Résultats des Recherches génétiques sur le Blé

Analysé par Jacques POTTIER*, Docteur ès sciences naturelles
Maître de Conférences adjoint à la Faculté des Sciences de Besançon

KAJANUS nous avertit dans sa préface qu'il nous offre un exposé de la génétique du blé d'après les travaux parus jusqu'en 1924 inclusivement.

Il considère l'exposé de la Systématique des blés comme indispensable à la bonne compréhension du sujet.

L'hypothèse de l'enjambement (crossing-over) ne serait pas recommandable à son avis présentement pour le blé, mais il préfère indiquer les relations de fréquence vraisemblable des gamètes.

Le premier chapitre traite de la Systématique.

On distinguerait deux groupes de blés sauvages : *Triticum ægilopoides* et *dicoccoides*, et généralement huit groupes de formes cultivées se répartissant en blés vêtus : *monococcum*, *dicoccum* et *Spelta* et les blés nus : *durum*, *polonicum*, *turgidum*, *vulgare* et *compactum*. SCHULZ les aurait répartis en trois séries :

1° La série des unispermes avec *ægilopoides* et *monococcum;*

2° La série de l'amidonnier avec *dicoccoides*, *dicoccum*, *durum*, *polonicum* et *turgidum;*

3° La série de l'épeautre avec *Spelta*, *vulgare* et *compactum*. Kajanus rattache au groupe *vulgare* les *capitatum* à têtes épaisses ou squarehead, comme on le fait généralement.

Cette classification établie sur des caractères morphologiques a été confirmée par d'autres études : celles de Vavilov sur la réceptivité aux rouilles et à l'erysiphe, celle de Zade sur les essais sérologiques, de TSCHERMAK, SAX et d'autres sur la fertilité des hybrides, de SAKAMURA, NIKOLAEVA, SAX, KIHARA et de MOL sur les chromosomes.

Les systèmes de Flaksberger, Thellung et Percival s'y rattachent. PERCIVAL décrit encore dans les amidonniers les *orientale* et *pyrami-*

* Je remercie vivement Monsieur le Dr Kajanus d'avoir bien voulu m'autoriser à faire paraître un résumé aussi complet de sa belle mise au point.

date et, dans la série de l'épeautre, le *sphærococcum*. Tous trois sont des blés nus. D'après ORLOV le *pyramidale* devrait rentrer dans le groupe *durum*. VAVILOV et ZHUKOVSKY distinguent le groupe *persicum* que PERCIVAL place dans le *dicoccum*. Selon KAJANUS les autres formes à épis résistants du groupe *dicoccum* de Percival (Amidonniers indo-abyssins, section B) seraient des *durum*.

KAJANUS érige en espèces les séries et fait des treize groupes des sous-espèces.

Il donne la classification suivante avec une courte description de chaque forme.

I. — *Triticum monococcum* L. s. ampl. (Série à un grain de Schulz).

Epis avec épillets terminaux avortés. Glumelles fortement carénées, avec dent latérale pointue. Nombre diploïdique de chromosomes : 14.

1. *T. ægilopoides* Bal. — 2. *T. monococcum* L. s. str.

II. — *Triticum acuminatum* Kaj. (Série de l'amidonnier de Schulz).

Epis avec épillets terminaux bien formés. Glumelles fortement carénées avec dent latérale obtuse ou sans dent.

Nombre diploïdique de chromosomes : 28.

1. *T. dicoccoides*. Körn. — (*T. hermonis*. Cook). — 2. *T. dicoccum*. Schübl. — 3. *T. orientale*. Perc. — 4. *T. persicum*. Vav. — 5. T. *durum*. Desf. — 6. *T. polonicum. L.* — 7. *T. turgidum. L.*

III. — *Triticum obtusatum* Kaj. (Série de l'épeautre de Schulz.)

Epis avec épillets terminaux bien formés. Glumelles généralement faiblement carénées et souvent sans dent latérale.

Nombre diploïdique de chromosomes : 42.

1. *T. Spelta. L.* — 2. *T. vulgare*. Host. — 3. *T. compactum*. Host. — 4. *T. sphærococcum*, Perc.

Les espèces *monococcum*, *acuminatum* et *obtusatum* se distingueraient aussi par la taille des grains de pollen augmentant de la première à la dernière de ces espèces.

Pour la résistance aux maladies cryptogamiques (rouilles et erysiphe) on peut dire schématiquement que *monococcum* est résistant, *acuminatum* résistant et *obtusatum* réceptif.

La limitation de ces groupes est souvent difficile à faire. Il y a par exemple des intermédiaires entre *dicoccum* et *durum*, *durum* et *turgidum*, *Spelta* et *vulgare*, *vulgare* et *compactum*.

Les croisements donnent fréquemment des formes difficiles à classer, de même que les speltoïdes issus de diverses façons de l'espèce *obtusatum* et tout d'abord de la sous-espèce *vulgare* ou encore les *compacto-Spelta* (issus du croisement des *compactum* et des *Spelta*).

Peut-être certains *acuminatum* à épis denses seraient analogues à la sous-espèce *compactum* de l'espèce *acuminatum*?

La polymorphie du blé est énorme (voir PERCIVAL, CLARK et collaborateurs : VAVILOV, BAROULINA, ORLOV).

Pour l'origine et la répartition des groupes de blés voir par exemple Percival, Vavilov et Orlov.

Le second chapitre est consacré au nombre de chromosomes. Les récentes numérations ont corrigé les anciennes. On donnera les nombres diploïdiques de chromosomes. Il y a 14 chromosomes chez : *T. monococcum*, s. ampl. — *T. ægilopoides*. — *T. monococcum*, s. str. — *T. dicoccoides*, v. *Aaronsohni*.

Il y a 28 chromosomes chez *T. acuminatum*. — *T. dicoccoides* (sauf dans la *v. Aaronsohni*). — *T. dicoccum*. — *T. orientale*. — *T. persicum*. — *T. durum*. — *T. polonicum*. — *T. turgidum*.

Il y a 42 chromosomes chez : *T. obtusatum*. — *T. Spelta*. — *T. vulgare*. — *T. compactum*. — *T. sphærococcum*.

Le troisième chapitre traite de la fécondation. Il y a généralement autofécondation chez le blé, mais cependant la fécondation croisée n'est pas rare. Le *T. dicoccoides* à l'état sauvage en Palestine présente au contraire la fécondation croisée (fleurs dichogames : protérandrie, protérogynie). La sélection naturelle éliminant les formes à fécondation croisée, qui ont des difficultés à se reproduire par temps défavorable, aurait conservé seulement les formes autofécondes dans la culture. Les formes speltoides, à pollen généralement infécond, sont facilement fécondées par le pollen de *T. vulgare*. Le *T. polonicum*, dont les sacs polliniques avortent fréquemment, présente souvent la fécondation croisée.

La fécondation croisée donne en général un bon résultat, sauf par union du *T. monococcum* avec les autres espèces de blé.

Jensen, sur *T. vulgare* et *compactum*, a trouvé que l'embryon est issu par fusion d'un noyau sexuel mâle avec la cellule œuf. L'endosperme est issu d'une fusion presque simultanée de l'autre noyau sexuel mâle avec le noyau secondaire du sac embryonnaire formé de deux noyaux.

Sax a fait des analyses nucléaires approfondies lors de la fécondation.

Le quatrième chapitre traite du développement et de la fertilité après croisement.

Kajanus considère tout d'abord des croisements entre sous-espèces d'une même espèce.

Il déclare ignorer les croisements à l'intérieur de l'espèce *monococcum*.

D'après von Tschermak, dans l'espèce *acuminatum* les hybrides entre les blés vêtus *dicoccoides* et *dicoccum*, de même que les hybrides entre les blés vêtus et nus de cette espèce, présentent une fertilité amoindrie, alors qu'entre les blés nus les hybrides furent complètement fertiles.

D'après Sax les plantes de première génération sont un peu plus élevées et ont plus de grains par épi que les formes parentes. Il y aurait peu de mauvais grains de pollen, comme chez les parents, et ceux-ci seraient en moyenne de même taille; mais le coefficient de variation des tailles de grains de pollen serait plus grand chez les hybrides.

Biffen signale la fertilité en F^1 du croisement *persicum* par *turgidum*.

Pour l'espèce *obtusatum*, von Tschermak indique toujours une complète fertilité. D'après Sax, les plantes en F^1 seraient plus hautes, auraient plus de grains que les parents et même fertilité de pollen. Les grains de pollen auraient une plus grande variabilité de taille, mais même moyenne environ que les parents.

Griffee trouva dans quelques cas la moyenne des plus longs chaumes plus grande et dans quelques cas plus petite en F^1 que la moyenne des deux parents, mais dans l'ensemble elle diffère peu de celle des parents. Pour le rendement moyen par plante, il y eut en F^1 un rendement toujours supérieur à celui des deux parents. Le nombre moyen des fleurs stériles, en considérant les deux fleurs externes de chaque épillet, était moindre en F^1 que chez les parents.

Malinowski en croisant un *Spelta* à 2 grains par épillet avec un *vulgare* à 3 grains constate que ces deux caractères forment un couple, le premier étant récessif.

Sax par croisements réciproques de deux sortes de *vulgare* (Bluestem et Amby) obtint des plantes qui restèrent basses et ne formèrent pas de véritables chaumes, alors qu'avec d'autres sortes du *vulgare* elles donnaient des plantes normales.

Kajanus envisage ensuite les croisements entre espèces et tout d'abord celui de *monococcum* par *acuminatum*. Les hybrides seraient très beaux, mais en général complètement stériles. Cependant on a obtenu en F^1 des plantes stériles et fertiles, mais ces dernières seraient peut-être dues à du pollen étranger.

Pour le croisement *monococcum* par *obtusatum* Vavilov a obtenu par l'union *vulgare* × *monococcum* s. str. une plante stérile. Von Tschermak n'eut également que des pieds stériles par croisement de *monococcum* s. str. et de diverses espèces d'*obtusatum*.

De nombreux auteurs ont publié sur les croisements *acuminatum* × *obtusatum*.

Biffen obtint des plantes de grande longueur et tallant beaucoup en F^1 par croisement réciproque de *turgidum* et *vulgare*. En F^2 il y eut des individus nains.

Vavilov obtint pas mal de stérilité par croisement de *persicum* (Persian Wheat) par *vulgare*.

Von Tschermak obtint aussi une fertilité diminuée avec des croisements de *dicoccoides* et *dicoccum* avec diverses sous-espèces d'*obtusatum*, de même qu'avec des blés nus d'*acuminatum* et des *Spelta*. Dans ces derniers cas cependant il y a quelquefois fertilité complète ainsi que dans les hybrides issus des blés nus d'*acuminatum* par les blés nus d'*obtusatum*, sauf pour les unions avec *polonicum*, moins fertiles.

Driggs et Shantz constatent que les hybrides en F^1 de *durum* par *vulgare* font une consommation de 14 % de plus d'eau que les parents.

Malinowski étudia le degré de fertilité (nombre moyen de grains

par épillet) dans les croisements entre *vulgare* et *dicoccum*. Il trouva une grande stérilité en F^1 et F^2. Divers degrés de stérilité étaient héréditaires. En F^2 il y eut des plantes peu développées, à petits épis et à stérilité complète ou élevée.

Freemann, dans des croisements de *durum* par *vulgare*, trouva en F^1 que les hybrides avaient une croissance égale ou supérieure à celle des parents. En F^2 beaucoup de graines ne germèrent pas et les autres donnèrent des plantes formant une série continue depuis des formes plus robustes que les parents jusqu'à celles qui ne dépassèrent par le stade en rosette et les plantes normales présentaient tous les degrés de fertilité.

Kihara, dans ses croisements entre *acuminatum* et *obtusatum*, observa une fertilité, diminuée en F^1, et divers degrés de stérilité en F^2 et F^3.

Hayes, Parker et Kurtzweil étudièrent la fertilité en F^1 de croisements réciproques entre *dicoccum* ou *durum* et *vulgare* en comparaison avec les sortes parentes. Le nombre de grains par épi (en considérant les deux fleurs externes de chaque épillet) fut plus faible chez les hybrides et le pourcentage des grains de pollen mauvais fut plus élevé.

Sax trouva que la hauteur de chaume en F^1 entre les blés nus d'*acuminatum* et d'*obtusatum* était plus grande, le nombre de grains plus faible et la qualité du pollen bien plus mauvaise que chez les parents. Dans les unions réciproques entre *durum* et *vulgare* ou *compactum* le nombre de grains ainsi que la qualité du pollen étaient meilleurs lorsque *durum* servait de mère. Dans un croisement entre *durum* et *vulgare* Sax constata que la variation de taille du pollen en F^1 était près de trois fois plus grande que chez les parents dans un croisement de *durum* par *vulgare*. En F^2 il y eut des plantes restant au stade en rosette, d'autres furent stériles et la plupart moins fertiles que les parents. Ces mauvais résultats en F^1 furent également constatés par Sax pour un croisement de *compactum* par *turgidum*.

Griffee fit des observations sur la longueur des chaumes des hybrides comparés aux parents et la proportion de fleurs stériles dans les croisements *dicoccum* ou *durum* avec *vulgare* ou *compactum*.

Meister dans des croisements réciproques entre *durum* et *vulgare* constata qu'il y avait moins de graines lorsque *durum* était le père et que la fertilité était la plus grande chez les produits de disjonction qui ressemblaient le plus aux parents.

Kajanus croisa des *vulgare* avec des *dicoccum* et *turgidum*. En F^1 excellents résultats. En F^2 et F^3 on avait les types les plus différents. Dans deux croisements de *vulgare* par *turgidum* en F^2 les plantes furent plus basses et à plus de graines que les parents. Le grand nombre de graines serait en relation avec l'habitus *speltoides*.

Watkins, dans le croisement *turgidum* par *vulgare*, trouva une stérilité partielle des diverses générations. La stérilité des hybrides d'*acuminatum* par *obtusatum* a été observée par d'autres auteurs :

Rimpau pour *turgidum* × *vulgare*, Stoll pour une forme issue de *dicoccum* × *Spelta*, Kezer et Boyack pour *vulgare* × *dicoccum*, où quelques plantes en F^2 avaient des fleurs stériles.

Malinowski expliqua cette stérilité par la production de paires de facteurs ne s'harmonisant pas. Kihara, Sax et Gaines lui donnèrent pour cause des rapports chromosomiques sur lesquels je ne m'étendrai pas. Sax attribua aux différents degrés de compatibilité des combinaisons de chromosomes non homologues le fait que les grains de pollen des plantes F^1 étaient plus variables que ceux des parents dans les groupes *acuminatum* ou *obtusatum*, ainsi que dans les produits de croisements *acuminatum* et *obtusatum*. Pour ce dernier cas, la différence du nombre de chromosomes aurait aussi son influence.

Un cinquième chapitre est consacré à la façon dont se comportent les caractères spécifiques d'épis après croisement.

Kajanus ne sait rien en ce qui concerne les croisements dans le *monococcum*.

En ce qui concerne les croisements dans l'espèce *acuminatum*, le croisement *durum* × *dicoccoides* fut fort étudié par Love et Craig. Le caractère de fragilité dominait. En F^2 rapport 3 à 1.

Percival décrivit au contraire pour un croisement spontané entre *polonicum* et *dicoccum* une disjonction monohybride sans dominance.

Les croisements entre *polonicum* et *durum*, qui se distinguent surtout par la longueur des épillets, ont été étudiés par Backhouse, Caporn et Engledown. Ils ont constaté des disjonctions de monohybrides. Engledown a de plus vu que les plantes à longues glumelles en F^2 et F^3 avaient des glumelles de 24,8 % plus courtes que celles du *polonicum*. Les plantes à courtes glumelles en F^2 et F^3 avaient des glumelles à peine plus longues que celles du *durum*. La longueur des graines varie corrélativement. Pour le croisement *polonicum* × *turgidum* on a de même une ségrégation de monohybride sans dominance, étudiée par H. de Vilmorin, Biffen et Backhouse.

Dans l'espèce *obtusatum* de nombreux auteurs étudièrent le croisement *Spelta* × *vulgare*. En général, on eut une disjonction de monohybride.

La fragilité des épis ne se transmet pas à tous les *Spelta* homozygotes. Kajanus eut l'impression que la fragilité se manifeste plus chez les formes hâtives que chez les tardives.

Dans un croisement *Spelta* × *vulgare* fait par Leighty et Boshnakian il semblait qu'on ait eu en F^2 : 15 *Spelta* pour 1 *vulgare*.

Lathouwers aurait calculé, en se basant sur les analyses de F^3, un rapport en F^2 de : 3 *Spelta*, 9 *speltoides*, 4 *vulgare*.

En ce qui concerne le croisement *compactum* × *vulgare* de nombreux auteurs observèrent en F^1 la prévalence plus ou moins forte du type *compactum*. On a eu en F^2 soit les rapports 3 à 1 ou 1 : 2 : 1 ou une série continue.

Des analyses de distance entre épillets ont été faites en grand par

Nilsson Ehle et Parker pour ces croisements et par Kajanus pour les croisements *Spelta* × *compactum* (dans ce cas aussi pour le nombre d'épillets).

Nilsson Ehle montra que la différence entre *compactum* et *vulgare* tient à un seul facteur *C* qui se trouve chez *compactum* et manque chez *vulgare*. Ce facteur produit un raccourcissement de la distance entre épillets. Il y aurait des facteurs *L* amenant l'effet contraire qui se trouveraient dans les deux sortes.

Sapehin et ses collaborateurs, en étudiant les croisements *compactum* × *vulgare*, auraient établi que le facteur *C* influence toute une série de caractères. Ainsi chez *compactum* les glumes et glumelles seraient plus courtes, les graines plus petites et moins nombreuses, les entre-nœuds de la tige plus courts, les cellules des axes d'épis et des entre-nœuds de la tige plus courtes que chez *vulgare*.

D'après Gaines cela amènerait ainsi un raccourcissement des barbes. Il y aurait aussi des chaumes plus courts chez *compactum*.

Pour le croisement entre *Spelta* et *compactum*, Malinowski obtint une disjonction de monohybride sans dominance. Leighty et Boshnakian obtinrent le schéma de disjonction : 3 *Spelta* pour 1 *vulgare* et aussi, dans un cas, un rapport semblant être de 15 contre 1. Boshnakian dans le croisement *Spelta* × *compactum* constata que les facteurs amenant le caractère *Spelta S* et *compactum C* se disjoignent séparément dans les proportions 3 à 1. Mais le facteur *S* agirait contre l'activité de *C*.

Kajanus trouva F^1 intermédiaire entre *Spelta* et *compactum* et d'après l'examen de F^3 il donna le schéma de disjonction pour F^2 : 1 *SSCC*; 2 *SSCc*; 1 *SScc*; 2 *SsCC*; 4 *SsCc*; 2 *Sscc*; 1 *ssCC*; 2 *ssCc*; 1 *sscc*.

Kajanus, se basant sur un matériel important, considère que le facteur *S* amène un allongement des distances entre épillets et une diminution du nombre d'épillets, alors que le facteur *C* a une action inverse.

Kajanus examine ensuite les croisements entre espèces et commence par *monococcum* × *acuminatum*. Les auteurs signalèrent souvent en F^1 un faciès intermédiaire et des épis friables.

Pour le croisement *monococcum* × *obtusatum*, Vavilov décrivit un hybride *vulgare* × *monococcum* à épis aplatis, à axes friables et à glumes ressemblant au *monococcum*.

Il y a de très nombreux travaux sur les croisements d'*acuminatum* par *obtusatum*.

Pour le croisement *dicoccoides* × *obtusatum*, il y a peu de données. Love et Craig dans le croisement *dicoccoides* × *vulgare* trouvèrent un hybride à axes d'épis friables et très semblable au *dicoccoides*. En F^2 on a 3 axes friables pour 1 résistant. D'après von Tschermak dans les croisements *dicoccoides* par *vulgare* ou *compactum* il y a souvent des formes semblables au *Spelta* paraissant être constantes.

Stoll croisa *dicoccum* par *Spelta*. Prédominance incomplète de *Spelta* en F^1 et formes multiples en F^2.

De nombreux auteurs ont croisé *dicoccum* et *vulgare*. Malinowski obtint en F^2 des résultats très variables et souvent beaucoup de formes. Divers auteurs et entre autres Kajanus trouvèrent en F^1 des formes plus proches de *dicoccum* et en F^2 et F^3 également un grand nombre de formes. Kajanus porta une grande attention à la densité des épis et au nombre des épillets chez *dicoccum*, *subdicoccum*, *Spelta*, *vulgare*.

Plusieurs croisements furent faits entre *dicoccum* et *compactum* par Malinowski. Ceux-ci ressemblèrent à bien des points de vue aux précédents.

Percival fit un croisement entre *dicoccum* et *sphaerococcum*. En F^1 dominance complète du type *dicoccum*, ainsi qu'en F^2, mais là de plus du *durum*. En F^3 ces deux types se maintiennent constants.

De nombreux croisements furent faits entre *durum* et *vulgare*. Les auteurs trouvèrent F^1 intermédiaire et F^2 très variable présentant des formes *speltoides* ou ressemblant aux *durum*, *turgidum*, *vulgare*, *dicoccum*, *compactum*. Love et Craig auraient même obtenu parmi 113 plantes deux individus ressemblant au *dicoccoides*. En 1921 ils annoncèrent que ces *dicoccoides* croisés avec *dicoccum* et *durum* se comporteraient comme des *dicoccoides* sauvages.

Un croisement entre *vulgare* et *speltoides* (issu du croisement *vulgare* × *durum*) donna en F^2 3 *speltoides* plus ou moins nets pour 1 *vulgare*.

Le croisement *polonicum* × *Spelta* fait par Kihara présenta en F^1 les caractères des deux parents. Dans la descendance on a observé des formes *durum*.

Stoll croisa *polonicum* par *vulgare*. Von Tschermak trouva F^1 intermédiaire et en F^2 : 4 *polonicum* : 8 intermédiaires : 3 *durum* : 1 *vulgare*. *Durum* était constant en donnant 3 *durum* pour 1 *vulgare*.

Dans le croisement *polonicum* × *compactum*, ce second type dominerait en F^1, d'après Kihara.

Moldenhawer, dans un croisement entre *turgidum* et *Spelta*, obtint des F^1 intermédiaires et des F^2 contenant *turgidum*, *Spelta*, *vulgare*, *dicoccum* avec les formes intermédiaires et des formes à épis très minces.

Des croisements entre *turgidum* et *vulgare* furent souvent pratiqués: entre autres par H. et Ph. de Vilmorin et Meunissier. Ils obtinrent des formes intermédiaires en F^1, et en F^2 de nombreuses formes : *turgidum*, *durum*, *vulgare*, des *speltoides* et aussi des formes rappelant les *Aegilops* appelées *aegilopiformes*. Kajanus appela *lanceolatum* les formes qu'il trouva en F^2 dans ces croisements et qui ont des glumes étroites avec forte tendance vers *vulgare*. Il trouva aussi de nombreuses formes et fit des mesures de distances et de nombre d'épillets. Un *speltoides* ainsi obtenu et constant croisé avec un *vulgare* fut intermédiaire en F^1, et en F^2 donna : 1 *vulgare*; 2 intermédiaires; 1 *speltoides*.

Kihara, dans le croisement *turgidum* × *compactum*, eut dominance du type *compactum* en F^1 et obtint des *speltoides* en F^2,

Sax (1923 et avec Gaines en 1924) et Kihara firent de belles recherches cytologiques sur les produits de croisement *acuminatum* × *obtusatum*. Les produits à nombres aberrants de chromosomes s'éliminèrent dans les générations successives. Cependant il pourrait en persister ; ainsi Kihara signala des types plus ou moins nains à 40 chromosomes. Watkins fit aussi des études cytologiques dans le croisement *turgidum* × *vulgare* d'où il conclut que chez les hybrides à moins de 35 chromosomes les cellules polliniques à 14 chromosomes fonctionnèrent seules et chez les plantes à plus de 35 les cellules polliniques à 21. Ceci pourrait être dû à une différence dans la croissance des tubes polliniques ou à une autre cause. Kihara considéra cette première hypothèse comme vraisemblable d'après ses propres expériences.

Lors de la formation des gamètes des hybrides d'*acuminatum* par *obtusatum* il y a des recombinaisons de facteurs qui se manifestèrent par l'apparition de types appartenant à d'autres sous-espèces que les formes qui servirent de parents. Certains caractères, même importants, spéciaux à l'*obtusatum*, peuvent être transportés sur des formes *acuminatum* et vice versa. Kihara trouva que, dans la descendance d'hybrides de *durum* à chaume plein par *vulgare* à chaume creux, les plantes avec peu de chromosomes avaient des chaumes creux, intermédiaires ou à moelle, tandis que celles possédant de nombreux chromosomes étaient généralement creuses ou à parois épaisses.

Kajanus, dans le croisement entre le *Spelta* barbu et le *vulgare* ou le *compactum* non barbus, constata en F^2 une séparation entre l'aspect de *Spelta S* et le caractère non barbu *N* d'un côté et d'un autre côté entre l'aspect *vulgare* ou *compactum* et le fait d'avoir des barbes *n*, suivant le système gamétique 1 *SN*. 2 *Sn*. 2 *sN*. 1 *sn*. En F^2 il y aurait séparation et liaison suivant le système gamétique 2 *SN*. 1 *Sn*. 1 *sN*. 2 *sn*. Même séparation en F^2 dans le croisement *vulgare* × *Spelta* (ce dernier issu de *vulgare* × *dicoccum*). Dans le croisement *vulgare* × *speltoides* (ce dernier issu de *vulgare* × *turgidum*) Kajanus obtint en F^2 une liaison d'un côté entre l'habitus *vulgare V* et le caractère non barbu *N* et de l'autre côté l'habitus *speltoides v* et le caractère barbu *n* suivant le système gamétique 3 *VN*. 1 *Vn*. 1 *vN*. 3 *vn*. Cette liaison se retrouvait en F^3 ainsi que la séparation suivant le système gamétique 1 *VN*. 3 *Vn*. 3 *vN*. 1 *vn*.

La pilosité et la couleur des épis sembleraient indépendants du type d'épis.

Un sixième chapitre traite du comportement génétique des divers caractères.

Il se subdivise en deux grandes parties: l'une traitant des caractères morphologiques et l'autre des physiologiques.

Pour les caractères morphologiques, on envisage successivement les chaumes, les feuilles et les épis.

En ce qui concerne les chaumes, Kajanus traite tout d'abord longuement de leur hauteur. Celle-ci a été étudiée par de nombreux auteurs, qui sont arrivés à des résultats assez différents.

Freemann, dans des croisements entre *durum* et *vulgare*, ainsi qu'entre des sortes de *vulgare*, trouva une grande variation avec transgression.

Ph. de Vilmorin étudia la descendance d'individus à chaumes relativement courts de deux sortes de *compactum*. Le rapport de disjonction fut à peu près de 2 courts pour 1 grand ou de 3 contre 1. Les grands furent constants. Il pensa que les individus homozygotes courts ne seraient pas viables. Un croisement entre le type court et une sorte haute constante donna un F^1 intermédiaire et un F^2 où les intermédiaires étaient les plus nombreux et où le reste était formé de plantes hautes.

D'après Neethling, dans des croisements entre des sortes de *vulgare* de hauteur normale, on trouva aussi des individus nains en quantité plus de trois fois plus faible que les grands individus.

Waldron constata aussi cette apparition, mais dans la proportion de 5 normales pour une naine en F^2. Dans les générations suivantes, ces rapports varièrent beaucoup. Waldron veut expliquer ces faits par l'existence de trois facteurs modifiables. Kajanus pense plus simplement que les plantes naines seraient souvent fécondées par les normales, tandis que l'inverse n'aurait pas lieu par suite de la mauvaise qualité que présente probablement le pollen des naines.

D'autres auteurs firent des observations comparables de plantes naines issues de sortes de *vulgare*.

En ce qui concerne l'épaisseur de chaume, von Tschermak indiqua un F^1 intermédiaire et une disjonction en séries en F^2 qui s'expliquerait par la présence de plusieurs facteurs.

La couleur violette des chaumes semblerait dominer d'après Schribaux, mais dépendrait beaucoup des conditions extérieures d'après Clark et ses collaborateurs.

D'après Love et Craig, la pilosité des nœuds du chaume serait due à un seul facteur dominant, lequel est lié au caractère barbu de l'épi, mais dépendant de la pilosité des épis.

De nombreux auteurs étudièrent le contenu en moelle des tiges. Biffen croisant *turgidum* à chaume plein et *vulgare* à chaume creux observe la dominance du type creux en F^1 et en F^2 le rapport 3 : 1. Engledown et Kajanus trouvent à peu près les mêmes résultats.

Stoll croisa le *vulgare* creux et le *polonicum* plein. Même résultat que ci-dessus. Von Tschermak au contraire dans le croisement *obtusatum* à chaume creux par *acuminatum* à chaume plein trouva une dominance du type plein et pensa à l'existence de plusieurs facteurs à effets cumulatifs à cause de la disjonction en séries en F^2. Kihara semble se rattacher à cette conception de Tschermak. Il croisa *durum* à chaume plein par *vulgare* à chaume creux. F^1 fut intermédiaire. En F^2 disjonction continue. En F^3 les types parents se trouvent constants et les autres se disjoignent dans diverses directions.

En ce qui concerne les feuilles; pour la largeur, Biffen, en croisant *turgidum* à feuilles larges par *vulgare* à feuilles étroites, obtint en F^1 des feuilles larges et en F^2 la disjonction 1. 2. 1. Freemann conclut

à la présence de plusieurs facteurs indépendants en étudiant ce caractère dans des croisements de *durum* par *vulgare*, ainsi qu'entre des sortes de *vulgare*.

Pour la pilosité des feuilles, Biffen croisa *turgidum* à nombreux poils longs et mous par *vulgare* pourvu moins richement des mêmes poils, mais de plus de poils raides et courts. En F^1, les deux types de poils se rencontrent.

Le revêtement de cire des feuilles dominerait, d'après Miczynski et von Tschermak, sur la couleur verte.

D'après Kajanus, la couleur rouge des ligules, assez rare chez le blé, serait due à un facteur dominant. Il prétend que l'opinion de Hexkemeyer, d'après lequel la couleur rouge de la ligule serait liée à la couleur brune de l'épi, ne correspond pas aux faits.

La partie de chapitre qui traite des épis comprend six subdivisions.

Tout d'abord, en ce qui concerne le caractère barbu ou non, il existe de nombreux travaux sur le comportement génétique des barbes des glumes (non des glumelles).

Dans des croisements entre des *obtusatum* barbus ou non, ainsi qu'entre des *obtusatum* non barbus et des *acuminatum* barbus on eut des F^1 non barbus, ou seulement un peu au sommet des épis. En F^2 on eut 3 non barbus ou peu barbus pour 1 longuement barbu. En réalité F^3 montra qu'en F^2 on avait le rapport 1. 2. 1.

Dans les cas ci-dessus, les sortes considérées comme non barbues ne sont pas tout à fait dépourvues de barbes, d'après Kajanus. Il y a cependant chez *vulgare* des sortes complètement privées de barbes, comme l'ont montré A. et G. Howard. D'après ces auteurs le croisement entre une espèce barbue et une simple acuminée (non barbue au sens ordinaire) était à barbes courtes en F^1; et F^2 donnait la disjonction 1. 2. 1. Au contraire, le F^1 du croisement du blé barbu par un blé complètement dépourvu de barbes ne présentait que quelques très courtes pointes de barbes et F^2 donnait une série continue. On eut 15 barbus plus ou moins contre 1 sans barbe. En F^3 on obtint 4 types constants. Rimpau et Spillmann trouvèrent des individus barbus en F^2 d'un croisement entre types non barbus. Ceci peut s'expliquer parce que les types parents n'étaient pas vraiment exempts de toute barbe. De même Biffen décrivit un F^2, issu de deux types non barbus, formé de 3 non barbus pour 1 barbu.

Nilsson Ehle obtint du croisement de sortes déterminées des mutantes à demi-barbues ou complètement barbues qui furent constantes. Dans les croisements le non barbu dominait les autres et le demi-barbu dominait le barbu. La disjonction était de 3 contre 1. C'est un cas d'allélomorphisme multiple.

Malinowsky croisa *dicoccum* ou *polonicum* non barbus avec *dicoccoides* barbu. En F^1 on a des plantes barbues et en F^2 : 15 barbues contre 1 non barbue. La longueur des barbes est liée au type de l'espèce.

La variation végétative du caractère barbu aurait été soi-disant observée dans deux cas par Fruwirth, mais Kajanus croit qu'il s'agit

de plantes soudées. Kajanus l'aurait observé une fois d'une manière sûre : dans un hétérozygote *speltoides* avec 11 épis un seul épi était complètement barbu, alors que les autres n'avaient que des pointes. Tous les épis furent suivis et se montrèrent hétérozygotes de la même manière.

Fleischmann décrivit un cas de croisement avec barbes des glumelles. F^2 présenta une série continue avec prédominance des barbes courtes. Love et Craig observèrent l'apparition d'individus avec glumelles barbues en F^2 d'un croisement de *vulgare* par *durum* et établirent l'hérédité de ces barbes.

Pour la couleur des barbes, Percival trouva que les barbes jaunes ne se rencontrent que dans les épis jaunes et les brunes dans les épis bruns, alors que les barbes noires apparurent non seulement dans les épis noirs mais aussi chez les types à épis bruns et jaunes.

A. et G. Howard constatèrent que le noir domine sur le jaune, et en F^2 le rapport 3 contre 1. Love et Craig observèrent dans un croisement de *vulgare* non barbu par un *durum* à barbes noires que 6 des 30 plantes barbues de F^2 avaient des barbes noires. Kajanus fait remarquer que ce résultat concorderait avec le précédent, mais que le mode de groupement serait seul différent.

La courbure des barbes, qui se rencontre rarement chez le *durum*, est récessive d'après von Tschermak.

Kajanus consacre plus de 13 pages de son travail à analyser les travaux sur la pilosité et la couleur des épis. Il traite ensemble ces deux caractères, car ils sont parfois associés dans la transmission héréditaire. Il envisage d'abord la pilosité s'héritant seule, qui se rencontre chez *acuminatum* aussi bien que chez *obtusatum*. Les glumelles (sauf chez les formes à demi-poilues) sont complètement poilues. Les poils ne sont pas appliqués et sont en général relativement longs. Dans les travaux qui vont être analysés il a paru à Kajanus qu'il s'agissait bien de cette pilosité s'héritant seule. Depuis 1900 on sait que cette pilosité domine sur l'absence de poils. Biffen trouva, en croisant des sortes de *vulgare*, que la dominance en F^1 de la pilosité était complète, et en F^2 la disjonction 3 contre 1. Dans le croisement entre *turgidum* poilu et *vulgare* glabre F^1 présentait une pilosité variable. En F^2 il y avait 2 poilus à divers degrés contre 1 glabre, proportion qui devrait se ramener à 3 contre 1, car on a souvent cette disjonction en F^3. On retrouva souvent la pilosité en F^1, et en F^2 la disjonction 3 contre 1; ainsi dans les croisements : *Spelta* × *dicoccum*, *Spelta* × *vulgare*. Kajanus dans ses études personnelles aurait trouvé que la pilosité des hétérozygotes serait souvent plus ou moins affaiblie et qu'en réalité en F^2 on devrait avoir le rapport 1. 2. 1. Dans un croisement de types *vulgare* le nombre des individus poilus (homozygotes ou hétérozygotes) fut très petit.

Malinowsky, dans le croisement d'un *dicoccum* poilu (en apparence *compactum*) avec un *vulgare* glabre, obtint F^1 intermédiaire, et en F^2 la disjonction 1. 2. 1.

A. et G. Howard montrèrent qu'il peut y avoir plusieurs facteurs

produisant la pilosité, car ils trouvèrent dans d'autres croisements *vulgare* ou *durum* poilus par *vulgare* lisse, après un F^1 intermédiaire, une disjonction en F^2 de 15 poilus contre 1 lisse, avec toutes les gradations. Un F^3 de *vulgare* × *vulgare* présenta aussi bien 15 contre 1 que 3 contre 1. Au microscope binoculaire, on constata que les deux formes parentes *vulgare* et *durum* possédaient deux types de poils de longueur différente. Il y avait un facteur pour chaque longueur de poils. Les types de poils de forme *durum* étaient plus courts que ceux des *vulgare* et la différence des deux types était plus faible chez *durum*. Les races indiennes de *durum* ont deux sortes de poils et les longs sont plus longs que les longs du *vulgare* indiqué ci-dessus. Ce *vulgare* est le seul ayant deux sortes de poils parmi les races de *vulgare* indiennes étudiées. Les *turgidum* européens ont les deux sortes de poils, mais les *vulgare* européens n'en ont qu'une.

Nilsson Ehle étudia chez certaines lignées de blé une pilosité incomplète. Cette pilosité localisée à la partie supérieure des glumelles consiste en des poils fins et courts peu visibles, d'où le nom de *subglabrum*. Par croisement avec un *vulgare* poilu, on eut en F^1 une dominance de la plus forte pilosité et en F^2 : 3 contre 1. Le croisement de *subglabrum* par un glabre est *subglabrum* en F^1, et en F^2 on a 3 *subglabrum* pour 1 glabre. C'est un cas d'allémorphisme multiple, car le croisement poilu × glabre est poilu en F^1, et donne en F^2 : 3 poilus pour 1 glabre.

Biffen, croisant un *turgidum* fortement poilu (à courtes glumelles) avec un *polonicum* très faiblement poilu (à longues glumelles), obtint en F^2 des individus à longues glumelles presque glabres et des individus intermédiaires ou à courtes glumelles poilues. Backhouse croisa de même *polonicum* (très peu poilu) et *durum* glabre. Mais en F^2 où les plantes se répartirent en 3 groupes suivant la longueur des glumelles il y eut dans chaque groupe une variation de la pilosité se répartissant en 3 poilus pour 1 glabre, sauf pour les longues glumelles.

Cependant, la pilosité fut très faible chez les longues glumelles, généralement bonne chez les courtes glumelles et en partie assez forte, mais généralement clairsemée, chez les intermédiaires. Un rapport semblable entre la longueur des glumelles et la pilosité se retrouva d'après Backhouse pour le croisement *polonicum* par *turgidum* poilu et d'après Engledow pour *polonicum* × *durum*. Le *polonicum* posséderait un facteur agissant d'une manière inhibitrice sur la pilosité et par suite dans le *polonicum* on ne pourrait jamais avoir une pilosité complète.

En ce qui concerne les couleurs s'héritant séparément, on doit distinguer le noir, le brun et le jaune. Ces trois couleurs sont fortement influencées par les conditions extérieures et n'apparaissent bien qu'en lieux ensoleillés et lorsque les épis ne sont pas poilus.

Biffen, en croisant le *turgidum* noir avec le *vulgare* jaune, obtint un F^1 noir, et en F^2 : 3 noirs (jusqu'à gris pâle) contre 1 jaune. Biffen prétend que la couleur grise ne se rencontre que dans les formes poilues. Il croisa le *turgidum* précédent avec un *vulgare* glabre et jaune. En

F^2 il obtint des noirs, gris et jaune. Les gris furent tous poilus tandis que les autres étaient variables à ce point de vue. La couleur noire d'après Engledown serait localisée dans les couches cellulaires subépidermiques. Biffen croisa du *turgidum* gris et du *polonicum* blanc. En F^1, il eut des épis gris pâle. Le gris ne réapparut pas en général dans les générations suivantes. Backhouse étudia ce croisement en Argentine. F^1 était coloré. Les individus de F^2 dans le nord de l'Argentine présentèrent des épis blancs; dans la partie centrale du pays quelques individus à courtes glumelles furent faiblement colorés et dans les pampas du Sud il y eut des individus colorés distinctement, mais seulement parmi ceux à glumelles courtes. Biffen croisa un type glabre noir (issu d'un *turgidum* gris par un *vulgare* jaune) avec *polonicum*. En F^1 coloration noirâtre et en F^2 disjonction du noir au jaune. La coloration noire étant seulement chez les individus à glumelles courtes et intermédiaires. Backhouse croisa le même *polonicum* et du *turgidum* noir et poilu. Il obtint un F^1 jaune ou faiblement coloré, et en F^2 du blanc jusqu'à complète coloration. La complète coloration apparut presque uniquement sur les individus à glumelles courtes. On eut donc 1 bien coloré pour 3 plus ou moins colorés jusqu'à être blancs. Kajanus en conclut que le *polonicum* ne peut exister avec ces couleurs noires ou grises complètement développées.

Pour les couleurs brunes d'épis, Kajanus distingua deux types : l'un brun rouge, l'autre brun jaune, qui dépendraient beaucoup des conditions extérieures et pourraient être très peu nettes. D'après les travaux de nombreux auteurs il ressort que par le croisement de brun par jaune dans l'espèce *obtusatum* la couleur brun domina plus ou moins en F^1 et qu'il y eut en F^2 une disjonction de monohybride. Nilsson Ehle analysa plusieurs croisements entre des types de *vulgare* à épis bruns ou jaunes et trouva en F^2 la disjonction de 3 contre 1 ou de 15 contre 1 ou une série continue du brun au jaune. Nilsson Ehle conclut dans certains cas à l'existence de deux facteurs, l'un donnant un brun clair et l'autre un brun plus sombre.

Kajanus a croisé aussi des *vulgare* bruns, rouges et jaunes. Il obtint en F^1 du brun rouge et en F^2 : 3 contre 1. Il croisa *vulgare* jaune et glabre avec *turgidum* brun gris poilu, ainsi qu'un speltoides brun rouge glabre (issu du matériel précédent) avec un *vulgare* glabre jaune, ou encore *vulgare* glabre jaune avec *dicoccum* noir poilu.

Kajanus trouva la couleur brun jaune des épis dans du *vulgare* et du *compactum* qui furent employés tous deux en croisement avec du *vulgare* jaune.

Malinowski croisa des *Spelta* et *vulgare*, tous deux à épis bruns. F^1 fut brun et F^2 présenta 15 bruns contre un jaune. Love et Craig en croisant *vulgare* brun par *durum* jaune eurent un F^1 intermédiaire, et en F^2 : 15 bruns contre 1 jaune. Biffen croisant des types à épis bruns avec du *polonicum* blanc obtint 1 F^1 brun et en F^2 disjonction de 3 bruns contre 1 blanc. Kiessling fit des études étendues sur la couleur brune des épis et prétendit qu'il n'existe pas d'épis de blé vraiment blancs, car ils présenteraient toujours des traces de

brun. L'examen microscopique aurait confirmé cela. Il a créé une théorie pour expliquer les disjonctions complexes qu'il obtint. Il y aurait un facteur global produisant l'effet maximum qui se décomposerait en un nombre illimité ou non de parties qui seraient toutes des facteurs mendélisant séparément. Les épis blancs qui ont aussi un peu de pigment auraient des facteurs pour cela, mais de moindre importance. On aurait aussi des facteurs bruns et des facteurs blancs. Lindhard inventa également des théories compliquées.

Les recherches sur la couleur et la pilosité des épis, associées génétiquement, auraient été faites principalement par Kajanus. Il semblerait qu'il y eut un seul facteur, pour une certaine pilosité à poils courts et la couleur brun noir à brun gris, qui aurait été mis en évidence par des croisements entre des *dicoccum* noirs et des *Spelta* bruns sombres. Le résultat varierait d'après le type d'épis; ainsi, chez les blés vêtus les glumelles seraient couvertes régulièrement de poils et colorées. Les poils seraient appliqués et très courts. La disjonction fut de 3 contre 1.

Cette association génétique aurait été observée par von Tschermak chez *Spelta* dans le croisement avec *vulgare*, par Keyer et Boyack (1918) et Percival (1921) avec le *dicoccum* noir (dans le premier cas en croisant avec *vulgare* et dans le second avec *sphærococcum*). Enfin Meunissier l'aurait trouvée chez *compactum* par croisements avec *vulgare*.

En ce qui concerne les rapports des facteurs de coloration et de pilosité des épis, Biffen conclut à une liaison absolue dans le croisement *turgidum* poilu brun ou gris avec *vulgare* glabre jaune. Engledow avec un type à épis noirs lisses provenant du matériel précédent avec un *vulgare* jaune poilu obtint le système gamétique 1 : 3 : 3 : 1. Une hérédité séparée de la pilosité et de la couleur brune a été constatée par Biffen dans le croisement de deux sortes de *vulgare*, puis par Mayer-Gmelin sur *Spelta* par *vulgare*. Henkemeyer obtint une fois une hérédité séparée de ces caractères et une autre fois probablement le système gamétique 1 : 15 : 15 : 1, qui fut aussi observé sans doute par Kajanus dans un croisement entre des types de *vulgare*. Il signala encore des répulsions de facteurs dans le croisement *Spelta* × *vulgare* et une hérédité semblant séparée dans le croisement *vulgare* × *turgidum* ou *dicoccum*.

De nombreux auteurs ont étudié la densité d'épi et le nombre des épillets. Boshnakian et Kajanus spécialement ont montré que les facteurs spécifiques ont une importance pour la densité d'épi et aussi pour le nombre d'épillets. Par suite on doit traiter séparément les diverses sous-espèces.

Dans les croisements d'*acuminatum* par *obtusatum* on a vu souvent apparaître des formes que Kajanus proposa d'appeler *subcompactum* pour bien montrer que ce ne sont pas de vrais *compactum*.

Le rapport de *compactum* serait le même que celui de *Spelta* à *speltoides*. C'est ce que Kajanus appelle la pseudo-isotypie. On aurait affaire à deux facteurs qui existeraient chez l'un des pseudo-isotypes et

manqueraient chez l'autre. Si l'on désigne par S le facteur de *Spelta*, par V celui de *vulgare*, par C celui de *compactum* et que L indique une certaine longueur des espaces entre les épillets plus grande que chez *compactum*, on a les formules suivantes : *Spelta SV; vulgare sV; speltoides sv* et *compactum C (V) L; vulgare c (V) L; subcompactum c (V) L.*

Boshnakian et Arciszewski croient à des facteurs spéciaux pour la densité des épis de squarehead, ce qui n'est pas l'opinion de Kajanus.

La densité d'épi varierait avec les conditions extérieures.

Pour mesurer cette densité on emploie généralement la distance moyenne des épillets. Cependant, certains ont employé le nombre d'épillets sur 10^{cm}. On a calculé aussi, soit la distance moyenne de tous les épillets ou seulement des 10 épillets supérieurs.

Pour la détermination de la forme exacte de l'épi, on a employé le rapport entre le nombre des distances d'épillets du tiers supérieur et moyen ou du tiers supérieur et inférieur.

La densité d'épi serait liée avec la longueur de l'axe de l'épi, d'après le travail de Parker, sur une sorte de *vulgare*. Boshnakian au contraire ne trouve pas de corrélation. Kajanus trouva une corrélation en comparant diverses sous-espèces, mais pas à l'intérieur de la même.

Pour la fermeture des glumes plus ou moins forte, qui distingue les blés nus des vêtus, il s'agirait d'un facteur absent qui conditionnerait la fermeture solide des glumes. Ce facteur assurant l'aspect *Spelta* serait généralement dominant; cependant on connaît des blés vêtus qui sont récessifs par rapport aux nus. A. et G. Howard dans le croisement *compactum* × *vulgare* semblent avoir obtenu en F^2 : 15 individus à grains tombant facilement contre 1 à grains fixés solidement.

La plupart des blés sont rouges (plutôt bruns) ou blancs (plutôt jaunes). On a trouvé jusqu'à 3 facteurs agissant dans le même sens et indépendants les uns des autres. Il y a des cas de monomérie, dimérie et trimérie suivant les sous-espèces (*vulgare*, *compactum*, *Spelta*, *dicoccoides*, *durum*) et même divers types dans chacune de ces sous-espèces, ainsi chez *vulgare*. La nuance rouge est plus ou moins forte dans les hétérozygotes suivant qu'on a 1, 2 ou 3 facteurs pour le rouge. A. et G. Howard constatèrent dans un type dimère que l'un des facteurs produisait une teinte plus claire que l'autre. Nilsson Ehle et aussi Gaines ont étudié les différences de structure des téguments des grains rouges et blancs. Nilsson Ehle a constaté une germination plus lente des graines rouges, surtout chez les polymères, dans le premier temps après la récolte. Biffen observa en croisant deux types à grains rouges une disjonction de 3 contre 1, alors qu'on aurait dû s'attendre à une disjonction de 15 contre 1 ou de 63 contre 1.

Il y a aussi des colorations violettes, ainsi chez un *durum*, étudié par Caporn, croisé avec un *polonicum* à grains blancs. F^1 fut violet et cependant en F^2 on eut 1 violet contre 3 blancs. Il y eut 1/4 du

premier groupe qui n'avait que des bandes violettes sur les grains. En F^3 la disjonction fut compliquée. Cette coloration violette serait due à l'anthocyane dans l'enveloppe du fruit.

Blaringhem observa des xénies dans divers croisements de blés : ainsi de *turgidum* femelle × *vulgare* mâle; de *durum* femelle × *vulgare* mâle; de *vulgare* femelle × *Spelta* mâle. Peklo de même pour *durum* femelle × *vulgare* mâle.

D'après les travaux de Biffen et d'Engledow les longueurs des graines et des glumelles seraient liées ensemble et par suite la longueur des graines dépendrait de la plante mère malgré la double fécondation. Mall a montré aussi l'influence de la plante mère sur la grosseur des graines. Divers auteurs virent que *compactum* a des graines et des glumelles plus petites que *vulgare*.

D'après Sax les graines hybrides entre diverses sous-espèces d'*acuminatum* comme d'*obtusatum* avaient un poids plus élevé que les graines de la sorte mère. Dans certains hybrides d'*obtusatum*, les graines étaient même bien plus grosses que celles du parent à graines les plus grosses. Ceci serait un phénomène d'hétérosis. Dans les croisements entre *acuminatum* et *obtusatum* le poids des graines hybrides fut plus faible que celui de la sorte mère et dans certains cas les graines hybrides furent bien plus petites que les graines du parent à plus petites graines. Sax par un croisement entre *durum* et *vulgare* montra que des plantes grandes et petites de divers degrés de fertilité pouvaient provenir de graines pleines ou racornies de F^1. Il n'y a donc pas corrélation entre l'endosperme et l'embryon qui lui est accolé. Griffee dans divers croisements constata que les graines hybrides étaient plus légères ou plus lourdes que celles de la sorte mère.

On distingue deux sortes de consistance de graines : l'une vitreuse ou dure, en général plus riche en gluten, et l'autre molle et farineuse. L'aspect farineux est dû à la présence de nombreux espaces aérifères.

Dans les graines tachetées (yellow berry), les espaces aérifères sont localisés sur des parties distinctes des graines.

Biffen, en croisant du *polonicum* à grains vitreux par *turgidum* à grains amylacées, trouva en F^1 les grains vitreux et en F^2 : 3 contre 1. On étudia aussi en F^2 la teneur en azote qui était en rapport avec la structure des grains. Un croisement entre des *vulgare* donna des résultats comparables. Saunders penserait que la bonne qualité des graines dépendrait de plusieurs facteurs et Biffen indique la possibilité d'une disjonction compliquée pour la teneur en azote. A. et G. Howard virent dans un croisement entre races de blé, l'une à grains vitreux et l'autre à grains amylacés, F^1 intermédiaire, et pour F^2 la disjonction 1 : 2 : 1. Mais la teneur en azote ne serait pas liée dans la disjonction à ces structures.

Freemann croisa *durum* (vitreux) par *vulgare* (amylacé). Les graines hybrides furent intermédiaires et les graines des plantes F^1 formèrent toute la gradation, de même que les graines de F^2. Cet auteur admit deux facteurs à effets cumulatifs pour la quantité relative de gluten et compta aussi avec l'influence de la double fécondation.

La moucheture des graines de blé dépendrait de facteurs spéciaux d'après FREEMANN.

HARRINGTON croit à plusieurs facteurs déterminant la structure des graines. HAYES trouva que les produits barbus issus du croisement entre des sortes barbues et non barbues de blé avaient des graines plus longues et plus farineuses que les non barbues.

PEKLO a publié aussi sur les disjonctions concernant la structure des graines dans des croisements *vulgare* × *vulgare* ou *durum*.

KAJANUS renvoie aux travaux de ZINN pour les questions des propriétés de panification.

A. et G. HOWARD ont croisé deux types de *vulgare*, l'un avec un chaume raide et des racines faibles, l'autre avec un chaume mou et de vigoureuses racines. On eut en F^2 toutes les combinaisons possibles.

D'après NILSSON EHLE, pour la résistance à la verse, il y aurait plusieurs facteurs. Il signale l'apparition d'une sorte versant facilement par croisement de deux sortes résistantes à la verse.

En dehors des blés que l'on peut semer indifféremment en automne et au printemps et qui peuvent être constants pour ce caractère (FRUWIRTH), il existe des blés de printemps et d'automne. GASSNER prétend que ce serait l'acclimatation possible ou non au froid qui ferait la différence. On n'a pas pu transformer un type d'hiver en type d'été d'après FRÖLICH et l'inverse n'a même pas besoin d'être essayé.

On a trouvé la dominance soit d'un type, soit de l'autre dans des croisements entre des *vulgare* ou des *vulgare* et des *compactum*. La disjonction est très compliquée, surtout parce qu'il s'y ajoute des questions de durée de développement.

NILSSON EHLE croisant des types de printemps et d'automne obtint en F^1 dominance du type de printemps et en F^2 le rapport 3 : 1. Des croisements entre des types de printemps donnèrent à peu près 1 forme d'automne contre 15.

Pour la maturité tardive ou hâtive, BIFFEN, en croisant *polonicum* (hâtif) par *turgidum* (tardif), obtint un F^1 un peu plus précoce que *turgidum* et en F^2 le rapport 1 : 2 : 1. MEUNISSIER indique la dominance du développement hâtif. Von TSCHERMAK observa souvent aussi une prévalence de la maturité hâtive entre des types de *vulgare* et en F^2 une disjonction compliquée. Cet auteur, ainsi que NILSSON EHLE et FREEMANN, admirent plusieurs facteurs pour expliquer les variations compliquées et les transgressions. FLORELL constata en croisant des blés de printemps une dominance de la maturité hâtive et en F^2 : 3 contre 1.

NILSSON EHLE s'est occupé spécialement de la résistance à l'hiver et considère qu'il y a plusieurs facteurs non liés. De plus, d'après les recherches de nombreux auteurs, cette résistance dépendrait de la teneur en substances sèches, en sucre, de la quantité et de la qualité des colloïdes hydrophiles, de la pression d'imbibition et de plusieurs autres facteurs chimico-physiologiques et probablement de rapports morphologiques.

Un assez long paragraphe traite du comportement vis-à-vis des maladies.

Tout d'abord en ce qui concerne la rouille jaune, produite par le *Puccinia glumarum*, Biffen, en croisant du *vulgare* réceptif par du *turgidum* ou du *compactum* résistants, trouva une disjonction monohybride avec dominance de la réceptivité. Il y aurait divers degrés de réceptivité et toujours dominance de la réceptivité. Il existerait donc plusieurs facteurs pour la réceptivité comme le pensa aussi Nilsson Ehle, qui trouva des disjonctions très compliquées dans les types de *vulgare* et aussi des formes transgressives. Selon lui les hybrides seraient en général intermédiaires comme le considéra aussi Armstrong, qui travailla un croisement *vulgare* (réceptif) × *compactum* (résistant). D'après Vavilov, dans un croisement de deux *vulgare* résistants il apparut également des produits de disjonction réceptifs.

Pour la rouille brune (*Puccinia triticina*), d'après Backhouse un croisement entre des *vulgare*, réceptifs ou non, donnerait une disjonction en F^2 de 3 réceptifs pour 1 non réceptif.

En ce qui concerne la rouille noire (*Puccinia graminis*) il y a de nombreux travaux. Evans sur *vulgare* constata la dominance de la réceptivité. Stakmann et d'autres montrèrent qu'il existe beaucoup de formes de cette Urédinée vis-à-vis desquelles les divers blés réagissent différemment. Hayes, Parker et Kurtzwal constatèrent la dominance de la réceptivité dans le croisement *vulgare* × *durum* alors que c'était la résistance qui dominait dans le croisement *vulgare* × *dicoccum*. Waldron trouve F^1 intermédiaire dans le croisement *vulgare* (réceptif) × *durum* (résistant). Cet auteur, comme les précédents, constata dans la disjonction une corrélation entre le type *vulgare* et la réceptivité, ainsi qu'entre la résistance et les autres types.

Puttick étudia des familles en F^3 d'un croisement *durum* × *vulgare* où l'un des parents était résistant vis-à-vis d'une certaine forme de rouille, alors qu'il était réceptif pour l'autre. Le second parent se comportait d'une façon inverse. On trouva dans la disjonction toutes les gradations de la résistance à la réceptivité. Aamodt sur des *vulgare* trouva une disjonction monohybride avec dominance de la résistance. Harrington et Aamodt étudièrent des croisements de *durum* entre eux et obtinrent dans la disjonction de nombreux intermédiaires. Hayes et Aamodt croisant deux types de *vulgare* attribuèrent les résultats à l'existence de deux facteurs indépendants et constatèrent que l'immunité est épistatique par rapport à la résistance.

Gaines, dans des croisements avec *vulgare*, *compactum* et *turgidum*, montra la dominance de l'infection par le *Tilletia Tritici* et l'existence probable de plusieurs facteurs à cause des transgressions.

Thatcher put en F^2 d'un croisement *vulgare* × *Spelta* infecter 3 plants contre 1 par le *Tilletia lævis*. Ces auteurs trouvèrent que ces champignons nuisent aux barbes.

Vavilov constata en général la dominance de la réceptivité vis-à-

vis d'*Erysiphe communis*. Cependant dans des croisements entre des types réceptifs et *persicum* (résistant) c'est la résistance qui domina et dans ce dernier cas la disjonction en F^2 fut compliquée, avec transgression. Biffen conclut, en croisant des types paraissant résistants de *vulgare* par *turgidum*, que la résistance est due à deux facteurs (un dans chacun des parents). Vavilov constata toutefois cela.

Un septième chapitre traite des anomalies, au nombre de quatre.

Certains types de *dicoccum* et de *turgidum* sont caractérisés par des axes ramifiés. Des croisements entre des types non ramifiés (*durum*, *polonicum*, *Spelta*) et ramifié (*turgidum*) donnèrent d'après Meunissier et von Tschermak en F^1 dominance de l'axe non ramifié et en F^2 la disjonction 3 contre 1. On a constaté l'apparition des plantes à axes d'épis ramifiés dans les croisements de types à axes simples suivants : *vulgare* × *turgidum*, *vulgare* × *dicoccum*.

Pour le doublement des épillets, on distingue deux types. Dans un cas il y a des épillets isolés, qui peuvent être plus ou moins avortés, à la base des épillets normaux. C'est un caractère récessif qui peut dépendre aussi des conditions extérieures. Dans le second type on a 2 ou 3 épillets bien développés insérés au même point. Cette anomalie héréditaire a été rencontrée chez *durum*.

La pistillodie, ou transformation des étamines en carpelles, n'a pas été retrouvée dans la descendance des plantes atteintes de cette malformation.

La stérilité enfin, en ses divers degrés, serait en partie héréditaire, en partie dépendante des conditions extérieures.

Un dernier chapitre d'une douzaine de pages traite des apparitions de genre mutationnel. Dans les sortes de *vulgare* et leurs croisements on trouve des formes ressemblant plus ou moins au *Spelta* à épis lâches et aussi plus élevés que les *vulgare* correspondants. L'hérédité de ces formes a été étudiée surtout par Nilsson Ehle, Vestergaard, Lindhard, Akerman, Kajanus. En général ces formes aberrantes sont hétérozygotes. Dans de nombreux cas elles donnent des *vulgare*, des plantes différentes ressemblant à la plante mère et aussi des plantes ayant des caractères *Spelta* plus prononcés. Les *vulgare* et les *speltoides* extrêmes se sont montrés homozygotes alors que les intermédiaires sont hétérozygotes. On n'a trouvé que très rarement des *speltoides* homozygotes issus directement de *vulgare*. Kajanus s'étend assez longuement sur la fréquence d'apparition des *speltoides* hétérozygotes. Dans 8 croisements qu'il fit cette fréquence varia entre 0,3 et 1,9 %.

Les disjonctions des *speltoides* hétérozygotes varient beaucoup. Rarement la disjonction se rapproche du système : 1 *vulgare* : 2 hétérozygotes : 1 *speltoides*. Les disjonctions d'une même série ne se produisent pas toujours de même.

Il semblerait que les *speltoides* se distinguent de *vulgare* par l'absence d'un facteur. On pourrait désigner *vulgare* par *VV*, les *speltoides* hétérozygotes par *Vv* et les *speltoides* par *vv*. On suppose pour expliquer les disjonctions aberrantes une plus faible valeur du pollen

des *speltoides*, une mortalité assez grande des homozygotes ou aussi des hétérozygotes. Il y a deux modes de disjonctions aberrantes assez bien définis.

L'un de ces types, appelé A par NILSSON EHLE, schémas IV et I d'après LINDHARD et mode 2 d'après KAJANUS, consiste en 50 % d'hétérozygotes, plus de 25 % de *vulgare* (jusqu'à 50 %) et le reste de *speltoides*.

Dans un autre mode (type B de NILSSON EHLE, schémas II, V et VI de LINDHARD, mode 4 d'après KAJANUS) le nombre des hétérozygotes est plusieurs fois plus grand que celui des *vulgare* et les homozygotes *speltoides* n'existent souvent pas. Il arrive aussi que les hétérozygotes soient bien moins nombreux que les *vulgare* et qu'il n'y ait généralement pas d'homozygotes *speltoides* (type C de NILSSON EHLE et mode 3 de KAJANUS).

NILSSON EHLE pense qu'il s'agit de mutation par perte pour l'apparition des *speltoides* primaires. LINDHARD considère que cette mutation serait due à une aberration dans le groupement des chromosomes lors de la fécondation. KAJANUS croit à la subdivision d'un facteur global produite par le croisement.

Les homozygotes *speltoides* bien formés ne peuvent être distingués d'une manière sûre de *Spelta*, bien qu'ils en diffèrent par un axe d'épi résistant et pas mal de graines, mais il peut y avoir de telles formes issues de *Spelta* (par exemple par croisement avec *vulgare*). Les *speltoides*, comme *Spelta*, ont des distances entre épillets spécialement grandes et un nombre relativement petit d'épillets. La forme des glumelles et la fermeture des glumes sont généralement intermédiaires entre *vulgare* et *speltoides* chez les *speltoides* hétérozygotes alors que les hétérozygotes de *Spelta* se rapprochent plus de *Spelta* que de *vulgare*.

Les *speltoides*, spécialement les homozygotes, se développent plus ou moins mal et ne forment que peu de bons grains.

AKERMAN et KAJANUS observèrent des formes partiellement *speltoides* d'où l'on n'obtient que des *vulgare*. Cependant AKERMAN décrivit une plante qui était surtout *speltoides* et donna principalement des *speltoides* hétérozygotes et seulement quelques *vulgare*.

Il y a aussi des formes appelées *compactoides* par KAJANUS, ressemblant au *compactum*, qui dérivent du *vulgare* et que NILSSON EHLE appelle *subcompactum* et LINDHARD *compactum*.

D'après LINDHARD les *compactoides* étaient dans la proportion de 0,05 % dans ses cultures de *vulgare* et de près de 0,5 % dans ses cultures de *speltoides* hétérozygotes. La disjonction de ces plantes (observée aussi par NILSSON EHLE) se faisait en *vulgare*, *speltoides* hétérozygotes et *compactoides* (ces derniers appartenant à deux types, savoir : l'un ressemblant au *compactoides* primaire et l'autre encore plus court de chaume et plus dense d'épi, qui d'ailleurs avait moins de graines). La descendance des *compactoides* primaires ne fournit que des *vulgare* et des *compactoides* de forme normale. Les formes *compactum* normales issues de diverses disjonctions donnèrent diffé-

fentes disjonctions, comme les individus primaires de ce type. Les *compactum* courts donnèrent des *vulgare*, des *compactoides* normaux et des courts et, semble-t-il, aussi des *compactum* nains constants.

Au groupe des *compactoides* il faut rattacher les hétérozygotes Squarehead, qui étaient un peu plus bas et à épis plus courts que le type *vulgare* normal.

D'après Nilsson Ehle, la formation des *compactoides* appartiendrait à la disjonction régulière et il ne pourrait être question d'une nouvelle mutation. Pour Lindhard la mutation *speltoides* serait la cause de la mutation *compactum*. Lindhard a observé un individu *compactoides* dont un épi était *speltoides* d'un côté. La descendance de cet épi contenait plus de *speltoides* hétérozygotes que celle des autres épis.

Les *speltoides* sont en général hétérozygotes aussi bien comme type d'épis que pour les barbes et dans leur descendance les *speltoides* homozygotes sont généralement seuls à porter des barbes. On n'a trouvé que rarement des *speltoides* homozygotes sans barbes. Ces deux caractères *speltoides* et barbu fortement associés seraient donc dans le même chromosome. D'après Lindhard cette liaison serait rompue dans les *compactum* hétérozygotes et dans les Squarehead hétérozygotes; ce qui l'amène à penser que ces facteurs ne seraient pas dans un même chromosome. En croisant un type normal et un *compactum*, dont l'un était dépourvu de barbes et l'autre barbu, la disjonction des descendants variait suivant que les barbes avaient été apportées par un type ou par l'autre. Nilsson Ehle en croisant des *speltoides* barbus ou non obtint en F^2 et F^3 des disjonctions sensiblement différentes : rapport 3 à 1.

En ce qui concerne le rapport de l'aspect *vulgare* et *speltoides* avec d'autres caractères d'épis, on peut signaler que Kajanus a montré une hérédité liée à ces aspects pour la pilosité et la couleur brun rouge, et que Nilsson Ehle l'a fait pour la couleur rouge des graines.

Winge a fait des recherches cytologiques à ce sujet. Il désigne par B des chromosomes ayant un facteur allongeant l'épi et un facteur produisant des barbes, et par c les chromosomes ayant un facteur raccourcissant l'épi et un facteur inhibitif des barbes. Le type *vulgare* normal aurait pour formule $\frac{ABC}{ABC}$. Les formes aberrantes *speltoides* hétérozygotes auraient pour formule $\frac{ABB}{ABC}$ présentant un supplément de chromosomes B, auraient des épis plus lâches que les formes normales et l'absence d'un chromosome C permettrait à la barbe de se développer. L'étude cytologique montra 42 chromosomes dont 3 (qui seraient les chromosomes B) se conjuguent. Les *speltoides* homozygotes seraient $\frac{ABB}{ABB}$. Le nombre double de chromosomes B lié au manque le chromosomes C donnerait un épi spécialement lâche et la présence de barbes. La recherche cytologique a montré 42 chromosomes

diploïdes et lors de la réduction chromatique on trouva un groupe en cercle de 4 chromosomes qui seraient les chromosomes B; et ainsi de suite la recherche cytologique confirma la théorie, de même que pour les hétérozygotes Squarehead.

KALT et SCHULZ signalent dans la série de l'amidonnier des individus de *turgidum* et *durum* qui avaient des axes d'épis cassants. Ces soi-disant retours ataviques appartenaient à des cercles de formes parentes composant des populations. C'est ainsi que WERNER décrivit plusieurs sortes de *durum* avec des axes d'épis cassants et des sortes de *dicoccum* avec des axes d'épis plus ou moins résistants.

LEWICKI aurait trouvé dans une lignée pure de *durum* une mutation constante rappelant plus *dicoccoïdes* que *dicoccum*.

Cette mise au point de KAJANUS se termine par un index bibliographique comprenant 214 publications, auxquelles il renvoie à chaque instant dans le texte, et une table des matières avec les noms d'auteurs, d'espèces et les termes employés.

BŒUF, MATWEEFF ET SÉGUÉLA

Valeur boulangère des Blés tendres de Tunisie

Conférence faite à la Réunion d'Etudes de la Société des Agriculteurs de la Tunisie le 18 Février 1931

I. — FACTEURS DE LA VALEUR BOULANGERE METHODES D'APPRECIATION

Définitions. Anciennes méthodes d'appréciation. — La valeur boulangère d'un blé est son aptitude à donner la plus grande quantité possible de pain répondant aux desiderata du consommateur et dans des conditions de fabrication conformes aux desiderata du boulanger. Cette définitition, un peu vague, sera précisée par l'examen des facteurs qui déterminent et font varier cette aptitude du blé à une bonne panification.

Il y a trois responsables de la qualité du pain que nous mangeons : le producteur du blé, le minotier et le boulanger.

Rappelons en quelques mots la structure et la composition du grain de blé. Sous des enveloppes formées de plusieurs assises de cellules plus ou moins colorées se trouvent : l'embryon, relégué à une extrémité, et une amande farineuse constituant les réserves du grain.

Les enveloppes, bien que minces (1/10 de $^{m}/_{m}$), sont formées de trois téguments du fruit et de trois téguments de la graine. La plus interne de ces dernières est une assise unique de cellules cubiques, fortement adhérente aux autres téguments et se détachant avec eux pour former le son; ces cellules contiennent une réserve azotée et huileuse, l'*aleurone*, peu digestible par l'estomac humain, et qui ne peut d'ailleurs être extraite par le moulin. (Cette assise est parfois appelée, à tort, assise à gluten.)

L'amande est formée par une masse de cellules, qui paraissent au premier abord être remplies uniquement de grains d'amidon et qu'un examen au microscope montre constituées par un fin réseau, dans les mailles duquel sont enchâssés les grains d'amidon.

L'*Amidon* est une réserve inerte, hydrocarbonée. Le réseau est formé de substances albuminoïdes, il représente la matière vivante du grain. Lorsqu'on malaxe la farine avec de l'eau, cette substance albuminoïde absorbe une certaine quantité de liquide et devient élastique, c'est ce qu'on appelle le *gluten*. On peut le séparer en continuant lentement le malaxage du pâton dans les doigts, sous un mince filet d'eau qui entraîne l'amidon. Le gluten forme alors une matière plas-

tique plus ou moins élastique. Ces qualités physiques peuvent être appréciées approximativement: on distingue des glutens courts s'étirant peu avant la rupture; des glutens filants, s'allongeant beaucoup mais presque dépourvus d'élasticité; des glutens de bonne qualité, à la fois tenaces, extensibles et élastiques.

Le gluten n'est pas régulièrement réparti dans toute la masse de l'amande : la partie centrale, représentant 42 à 58 % du poids du grain, celle qui se détache dès les premiers broyages du grain au moulin, est beaucoup moins riche en gluten que la partie périphérique, formant 15 à 26 % du poids total, adhérente au son et ne pouvant être détachée que par les grattages successifs des enveloppes au cours de chaque broyage. Les moulins à cylindres arrivent, mieux que les broyeurs à meules, à extraire cette partie de l'amande, surtout lorsque le grain a subi un conditionnement préalable.

On comprend que l'exécution de la mouture et le taux d'extraction fassent varier la teneur de la farine en gluten. Plus le taux d'extraction est faible, moins la farine est riche. Les installations modernes permettent d'obtenir 75 % de farine aussi blanche (exempte de piqûres) que celle que l'on obtenait autrefois d'une extraction à 60-65 %. Ajoutons que la proportion d'acide phosphorique, aliment minéral, aussi indispensable que l'amidon et le gluten, croît également en allant du centre vers la périphérie du grain (1).

Le gluten joue un rôle essentiel pendant la panification; il permet à la farine additionnée d'eau de former, par pétrissage, une pâte élastique. Le dégagement d'acide carbonique, pendant la fermentation panaire, sous l'influence du levain ou de la levure, troue cette pâte d'une multitude de cavités et la fait lever. La cuisson coagule le gluten et fixe en quelque sorte cette structure spongieuse, qui permet une bonne mastication du pain et une bonne insalivation, indispensables pour la digestion facile de l'estomac.

Pour que la valeur boulangère du blé soit complète, il faut que les différentes opérations de la panification s'exécutent facilement, que la pâte gonfle sans se fendre, ni s'étaler, que sa manipulation soit facile; il faut en outre que le pain prenne une belle croûte, que la mie soit blanche et de texture très légère, que l'odeur et la saveur soient agréables.

En raison du rôle important que joue le gluten pendant la panification, on a pensé pouvoir apprécier la qualité boulangère d'un blé en dosant son gluten. On a constaté qu'une teneur de 8,5 à 9,5 % de gluten est suffisante pour une bonne panification, mais tous les blés qui présentent cette proportion et même un taux plus élevé de gluten sont loin de donner le même pain et ne sont pas tous aptes à être con-

---

(1) D'après Aimé Girard, la composition centésimale moyenne des blés tendres français et étrangers serait la suivante :

Amande	83,01
Enveloppes	15,56
Germe	1,43

vénablement panifiés. Le gluten n'intervient pas seulement comme quantité mais, et surtout, par ses qualités.

Le gluten est un mélange de substances albuminoïdes, très complexes, à l'état colloïdal, auquelles on ne peut toucher sans les détruire et dont il est difficile d'apprécier les propriétés avec quelque précision. Les chimistes le séparent en gliadine (60 à 82 %) se gonflant au contact de l'eau et gluténine (18 à 40 %), matière sableuse, que l'eau modifie peu. L'excès de la première rend le gluten mou et filant, l'excès de la seconde le fait dur et cassant. Une bonne composition serait : 3/4 de gliadine, 1/4 de gluténine. Ce procédé d'appréciation du gluten s'est avéré très insuffisant; il en a été de même de beaucoup d'autres déterminations comme la faculté d'hydratation du gluten ou de la farine dont on a cherché le rapport avec la valeur boulangère.

Jusqu'à ces dernières années, le seul véritable moyen de déterminer les qualités industrielles d'un blé était de le moudre et de le panifier. L'appréciation en était faite, en France, par l'attribution de notes : aux deux frases du pétrissage, à la fermentation et à la tourne pour la pâte; à l'aspect extérieur, à l'aspect intérieur et à l'odeur pour le pain. Aucune donnée numérique expérimentale n'était utilisée, la notation ne s'appliquant qu'à l'apparence de la pâte et du pain. En Amérique, les expertises accordaient une grande importance au volume du pain obtenu.

De telles évaluations, dépendant complètement de la manière de voir de l'expert, n'ont aucune commune mesure, sont difficilement comparables et ne peuvent prétendre à aucune précision.

La suite d'opérations que demande une semblable méthode est longue, en même temps que sujette à beaucoup d'erreurs expérimentales. Les appareils de laboratoire (moulins, pétrins, fours) ne travaillent pas exactement dans les mêmes conditions que les installations industrielles. Malgré toutes les précautions, deux fournées successives ne sont jamais comparables (différences dans l'activité de la levure, dans la température du four, etc...) et il faut que chaque série d'essais comprenne le même blé témoin, dont le comportement sert de terme de comparaison.

En utilisant un grand nombre d'essais effectués d'après cette méthode tant en France, à l'Ecole française de meunerie de Paris, qu'aux Etats-Unis, nous avons essayé de calculer la corrélation entre la cotation du pain et les divers caractères du pain ou de la pâte (1). Nous n'avons pu établir que les corrélations suivantes :

Pour une variété donnée, le poids spécifique du blé est en corrélation directe avec le rendement en farine, mais non avec la cotation du pain.

Pour deux variétés différentes, le poids spécifique du blé n'est plus en corrélation directe avec le rendement en farine, en raison de l'épaisseur différente des enveloppes suivant les variétés.

---

(1) *Annales du Service Botanique*, T. V, fasc. 1.

La cotation du pain, pour une variété, est en bonne corrélation avec la teneur de la farine en gluten. Cette corrélation n'existe plus si l'on compare des farines de variétés différentes, preuve de l'existence de propriétés du gluten particulières à chaque variété.

N'étant pas alors outillés pour procéder à des essais de mouture et de panification, nous avons mis à profit la complaisance des laboratoires de l'Ecole française de meunerie à Paris et des laboratoires de meunerie et boulangerie du Bureau d'économie agricole de Washington pour faire les essais de panification des blés tendres cultivés en Tunisie. Les deux classements, portant sur des échantillons identiques, de la même récolte, furent à peu près l'inverse l'un de l'autre, ce qui s'explique facilement par les différences entre les méthodes de panification et d'appréciation du pain. (Le pain américain est cuit dans de petits moules et on ajoute un peu de sucre à la farine; il n'a pas la texture du pain français.)

En présence d'une telle ignorance des facteurs de la valeur boulangère des blés, on conçoit à quelles difficultés se heurtaient producteurs, sélectionneurs, minotiers et boulangers pour diriger leurs efforts vers la production de bons blés, de bonnes farines et de bon pain. On distinguait des blés de bonne valeur boulangère pouvant se panifier seuls, des blés faibles et des blés de force, ces derniers devant être ajoutés en certaine proportion aux précédents pour obtenir des farines normales. Certains pays (sud de la Russie, Roumanie, Australie, Canada, etc.) détiennent comme un véritable privilège la production des blés de force. Au Canada, les blés types Manitoba (Red Fife, Marquis, Garnet) sont les plus réputés et sont couramment importés en France comme améliorants naturels des blés métropolitains.

Tous les blés de force sont à courte période de végétation et mûrissent en saison chaude et sèche.

En France, les régions grosses productrices de blé ont des étés souvent humides, cultivent des variétés plutôt tardives, à gros rendement. Beaucoup de blés récoltés en France demandent à être additionnés de blés de force, ou tout au moins voient leurs qualités boulangères accrues par cette addition. La nécessité de cette importation est telle que, même en période d'encombrement du marché français (1929-1930) il a fallu autoriser l'incorporation de 10 % de blés exotiques aux blés indigènes, proportion qui se montre actuellement insuffisante, en raison de la qualité défectueuse du blé de la dernière récolte, due à l'été exceptionnellement pluvieux de 1930.

Le climat de l'Afrique du Nord remplit les conditions voulues pour l'obtention de blés de force. Cependant, les essais de panification, rappelés plus haut, et qui ont porté sur les blés tunisiens, algériens et marocains, avaient été une déception : ces blés, malgré leur richesse en gluten, ne se comportaient pas comme des blés de force susceptibles d'améliorer les blés métropolitains.

Malgré de très nombreuses recherches, poursuivies dans tous les pays, la difficulté d'apprécier la valeur boulangère d'un blé restait

entière; les sélectionneurs et hybrideurs n'avaient aucune directive à donner à leurs recherches des blés de force; on n'était fixé sur la valeur des nouvelles obtentions que lorsqu'elles passaient chez le meunier et le boulanger, alors qu'elles couvraient déjà des centaines et parfois des milliers d'hectares, tandis qu'il aurait fallu ne propager que des variétés préalablement reconnues aptes à une bonne panification. Les meuniers étaient tout aussi embarrassés pour établir des mélanges de blés permettant d'obtenir une farine de qualité constante car ils n'avaient d'autres indications que celles données par les boulangers, qui étaient loin d'être toujours concordantes.

En Tunisie, par exemple, on voyait une même variété tour à tour prônée ou décriée sans qu'il fût possible d'avoir un critérium sérieux d'appréciation.

Mesures des qualités mécaniques de la pâte au moyen de l'extensimètre Chopin. — Un énorme progrès a été réalisé par l'emploi de l'extensimètre Chopin (1) permettant de mesurer les propriétés mécaniques de la pâte et son travail de déformation. Voici le principe de cet appareil.

Nous avons dit que la pâte se creusait, pendant la fermentation pannaire, d'un nombre considérable d'alvéoles limitées par de minces membranes pelliculaires. Le travail de panification est d'autant plus complet que la pâte a pu s'étendre en minces lamelles, sans perdre toutefois une ténacité lui permettant de ne pas se rompre. Il s'agit de développer une quantité déterminée de pâte, dans des conditions toujours identiques, en une bulle dont la paroi s'amincit progressivement jusqu'à rupture, d'enregistrer les changements de dimensions de l'éprouvette de pâte et la variation de l'effort nécessaire à cette déformation.

La pâte, préparée dans un pétrin spécial, est divisée en huit éprouvettes essayées successivement. Chacune d'elles est placée entre deux platines en bronze laissant entre elles un espace de 2,55 $^{m}/^{m}$. On débouche dans la platine supérieure une ouverture circulaire de 58 $^{m}/^{m}$ de diamètre et dans la platine inférieure un trou de 1 $^{m}/^{m}$ de diamètre.

Par un dispositif déplaçant de l'eau dans une allonge, on fait arriver sous le disque de pâte de l'air qui gonfle régulièrement cette pâte en une très grosse bulle dont la membrane s'amincit peu à peu et finit par crever. En même temps, un manomètre enregistre la courbe des variations de la pression dans la bulle. (V. fig. 1.)

On répète l'opération pour les huit éprouvettes d'un même essai et on obtient huit courbes, qui doivent se superposer assez étroitement si les conditions du milieu ambiant sont favorables et si la technique de l'essai a été bien respectée. On trace alors à la main la courbe moyenne.

Pour que les résultats soient comparables, chaque opération dure un nombre déterminé de minutes ou de secondes et la *pâte* est main-

(1) Inventé en France, en 1921. — Décrit dans le *Journal Pratique d'Agriculture* des 8, 15 et 22 juin 1929.

tenue à une température constante, au moyen de résistances électriques chauffantes ou d'une circulation d'eau froide, suivant la température ambiante.

La courbe moyenne d'un essai permet de déterminer trois indices :

1° La hauteur de la courbe ou pression maximum P, correspond à la *ténacité de la pâte* à son état initial; on l'exprime, compte tenu du coefficient de l'appareil (déterminé par la comparaison avec un manomètre à eau), en millimètres d'eau. Plus cette ténacité est gran-

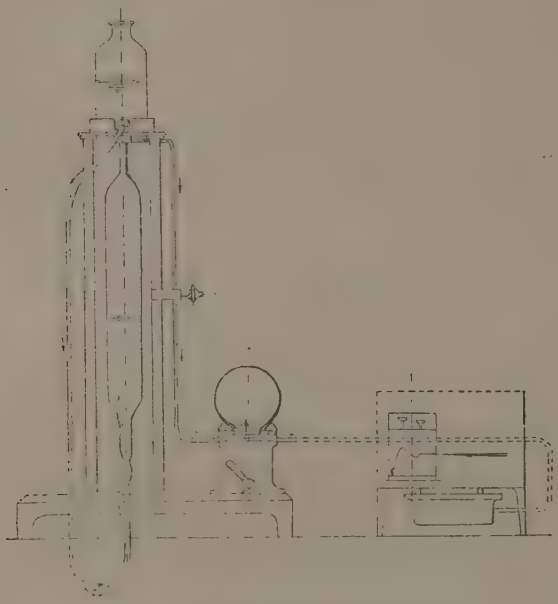


Fig. 1. — Extensimètre Chopin (schema)

de, plus le boulanger sera obligé d'ajouter d'eau à la farine pour obtenir une pâte de tenue normale.

2° La longueur de la courbe, du point de départ au point de rupture de la bulle, permet de calculer le volume d'eau écoulée pour chasser l'air dans la bulle et par conséquent le volume de cette dernière. De nombreuses comparaisons entre cette donnée et le développement de la pâte pendant sa fermentation normale ont montré que ce gonflement de la pâte est la racine carrée du volume de la bulle. Cette racine carrée prend le nom d'*indice de gonflement, G.*

3° Le travail total de déformation de la pâte est obtenu en multipliant la surface de la courbe moyenne (obtenue au planimètre) par la valeur en ergs correspondant à 1 $^{c.m}$ carré. Cette mesure nécessite quelques calculs, qui ne seraient pas à leur place dans notre note. En

divisant le nombre obtenu par le poids, en grammes, de la pâte qui a constitué la bulle, on a le travail par gramme de pâte, c'est-à-dire le *travail spécifique de déformation de la pâte*, W (en milliers d'ergs par gramme).

Des expériences ont montré que les propriétés mécaniques d'une farine dépendent d'un assez grand nombre de facteurs, qui le font varier dans des limites assez étendues : taux d'extraction de la farine et mode de mouture, quantité d'eau ajoutée à la pâte, temps de pétrissage, température pendant le pétrissage et pendant le passage à l'extensimètre, concentration en ions hydrogène (PH) de la farine, etc. Aussi, le mode opératoire fixé par l'inventeur doit-il être suivi dans ses moindres détails pour obtenir des résultats comparables, exempts de l'influence personnelle de l'opérateur.

En comparant les résultats obtenus à l'extensimètre et ceux donnés par la panification de la même farine, on a pu se rendre compte que les deux indices essentiels sont G et W. Ils doivent présenter des valeurs convenables au-dessous desquelles la panification s'effectue mal et provoque les plaintes des boulangers et de la clientèle.

Ces valeurs sont un peu différentes suivant les régions en raison des exigences ou habitudes locales des consommateurs et des boulangers. Pour la région parisienne, on admet que ces valeurs doivent être voisines de : G=20 et W=110.

Les blés présentent une échelle de variations des propriétés mécaniques de leur pâte insoupçonnées avant que l'extensimètre Chopin ait permis de les mesurer. D'après l'inventeur, W varie de 20 dans certaines Tuzelles de Provence à 350 pour certains Manitobas n° 1.

L'extensimètre Chopin permet de représenter par des valeurs numériques, comparables entre elles, les caractères des farines, ce qui était impossible avec les anciennes méthodes d'appréciation.

Il nous a permis d'étudier, depuis la récolte de cette année, au Service Botanique, par environ 380 essais effectués par M. Matweeff : les variétés anciennement cultivées en Tunisie, celles dont la propagation est commencée, les nombreuses lignées hybrides encore à l'étude. Les résultats sont des plus intéressants et des plus encourageants; ils vont donner une base beaucoup plus précise à nos travaux d'amélioration des blés tendres et permettre une orientation nouvelle de la production de ces derniers en Tunisie.

Aussi, devons-nous dire toute notre reconnaissance à M. Vilgrain, directeur des « Grands Moulins de Paris », et à la Société propriétaire des brevets de l'extensimètre, pour avoir bien voulu nous céder un appareil, ainsi qu'à M. Marcel Chopin, qui nous a prodigué ses conseils.

Le Laboratoire de Technologie du Blé du Service Botanique comprend maintenant : un moulin (broyeur, convertisseur, plansichter) de la Maison Tesseit-Rose-Brault, un extensimètre Chopin, son pétrin et autres accessoires, un four à panification construit sur place grâce à la grande complaisance de M. Boiron; nous attendons une batterie de quatre pétrins mécaniques de la Maison Lidon. Si j'ajoute

que nous avons été conseillés dans la mise au point de la mouture par le Directeur des laboratoires de l'Ecole française de meunerie, M. Pisani-Borg, qui nous a consacré une partie de son congé passé dans sa famille à Tunis; que nous avons pu simplifier et hâter le travail grâce à un appareil nouveau construit par M. Montlaur, chef des Travaux de physique au Service Botanique, qui permet de doser instantanément l'humidité du blé et de la farine (et de toute autre substance) sans le secours de l'étuve, et qu'enfin ce laboratoire a pu être créé grâce au concours financier de l'Office d'Expérimentation agricole, vous comprendrez que je ne suis qu'un porte-parole lorsque je viens vous exposer les résultats auxquels ont participé la plupart des agents du Service Botanique et de nombreuses collaborations étrangères.

II. VALEUR BOULANGERE DES BLES DE TUNISIE

Pour avoir des points de repère, nous avons examiné à l'extensimètre la farine employée par une boulangerie de Tunis, réputée pour la qualité de son pain; elle nous a donné :

P=73,9 G=16,9 W=130,2

Un minotier de Tunisie nous a remis deux échantillons de farine (mélanges) et un échantillon de son blé Baroota que nous avons moulu au Service; voici les résultats :

	P	G	W
Farine n° 1 (mélange)	57,5	15,9	92,7
Farine n° 2 (mélange)	68,5	14,7	107,2
Baroota (moyenne de 8 essais)	54,0	18,7	123,9

Ces déterminations montrent que les farines employées en Tunisie atteignent une valeur de W analogue à celle des farines utilisées dans la région parisienne, mais que l'indice de gonflement est moindre.

Un assai des principaux blés français (ceux qui occupent les plus grandes surfaces dans les emblavures de la Métropole) représentés par des échantillons de semences sélectionnées, de la récolte 1930, achetées à une grande maison française, a donné les résultats suivants :

Blés cultivés en France

	P	G	W
Hybride Vilmorin 23	34,5	17,3	74,5
Rouge d'Ecosse	32,6	20,4	74,7
Bordeaux	43,9	16,4	79,9
Paix	38,8	18,5	83,0
Hybride Vilmorin 27	44,0	17,3	95,3

Japhet	44,0	18,6	96,3
Hybride hâtif inversable Vilmorin	35,0	20,6	97,0
Bon Fermier	45,5	20,9	118,7
Alliés	48,2	19,3	118,8

Le graphique n° 5 donne la courbe de l'Hybride hâtif inversable.

Le tableau 1 ci-joint donne une partie des résultats (au moyen d'un extensimètre du modèle normal, en se conformant strictement aux instructions de l'inventeur) (1) :

1° pour les blés actuellement en grande culture dans toute la Tunisie;

2° pour les variétés hybrides qui commencent à se propager;

3° pour les variétés hybrides, encore à l'essai, dont la multiplication est commencée;

4° avec un très bon type de Manitoba, utilisé à titre de comparaison.

TABLEAU I

Indices obtenus à l'extensimètre Chopin pour les blés cultivés en Tunisie

1° Blés en grande culture dans toute la Tunisie : les trois premiers anciennement cultivés, les trois derniers plus récemment propagés :

	P	G	W
Mahon 73 (récolte 1929)	60,8	15,2	100,6
Baroota 52	63,5	20,0	155,3
Richelle 110	76,9	15,0	122,0
Florence 135	78,9	19,9	166,0
Florence × Aurore 588	94,5	17,8	201,7
Irakié 231	141,3	18,3	341,0

2° Variétés hybrides en multiplication au Service Botanique et chez quelques agriculteurs. La quantité importante de semence prévue pour 1931 permettra leur rapide extension :

	P	G	W
Pusa × Florence 380	103,4	19,1	252,8
Pusa × Florence 381 a	91,2	19,9	246,0
Pusa × Florenre 381 b	84,5	20,0	209,0
Pusa × Florence 381 c	100,6	18,2	222,3
Pusa × Florence 385	100,5	18,9	302,4
Pusa × Florence 387	61,2	20,6	164,2

(1) La plupart des résultats qui suivent ont fait l'objet d'une communication à l'Académie d'Agriculture, séance du 11 février 1931, aux noms de MM. BŒUF, MATWEEFF et SEGUELA.

3° Variétés hybrides à l'essai dans les champs d'expériences du Service Botanique et dans les champs d'essais régionaux. La multiplication de plusieurs d'entre elles est commencée :

	P	G	W
Pusa × Florence 386 (5)	56,7	22,7	175,5
Pusa × Florence 386 (14)	58,7	22,6	174,8
Pusa × Florence 386 (15)	63,0	22,5	188,3
Pusa × Florence 386 (16)	56,5	23,7	192,8
Allora × Florence 463	77,6	21,3	179,9
Sunset × Marquis 939	81,4	21,3	246,0
Irakié × Ardito 10801 a	91,5	21,8	280,9
Irakié × Ardito 10801 b	94,5	21,8	258,2
Irakié × Ardito 12305 f	85,0	19,1	182,6
Irakié × Ardito 12305 g	92,1	18,1	225,9
Irakié × Riccio 20302	90,3	18,4	199,6
Irakié × Indian Pearl 10301 b	135,0	20,0	366,0
Irakié × Sphœrococcum 10403	92,8	17,2	203,1
Irakié × Cuboni 10603	68,0	20,9	191,4
Irakié × Cuboni 11407	86,2	21,0	226,8
Irakié × Cuboni 11601	101,0	20,9	282,2
Irakié (Riccio × Irakié) 10101	141,7	17,7	317,9
Irakié (Riccio × Irakié) 10102	110,8	17,8	279,9
Riccio (Irakié × Riccio) 10208	76,8	18,8	187,7
Riccio (Irakié × Riccio) 30507	73,3	20,9	194,3

4° A titre de comparaison : Manitoba d'origine de très belle qualité :

	83,5	22,2	250,9

1° *Blés actuellement en grande culture* (v. fig. 2) : *Mahon* 73, *sélection* dans le Mahon, le premier blé tendre cultivé en Tunisie;

Baroota 52, originaire d'Australie, tend à se substituer au Mahon;

Richelle 110, sélectionnée par le Service Botanique dans un blé australien très différent, demi-précoce, cantonnée dans les régions demi-sèches.

Ces trois blés sont comparables aux blés français; ils gagnent à être mélangés avec des blés de force. Le Baroota est un peu supérieur aux autres. Toutefois, lorsqu'il est utilisé peu après la récolte, il donne une courbe se rapprochant de celle du Mahon.

Ces blés, les plus anciennement cultivés, ont cédé la place, dans beaucoup de situations, aux trois suivants :

Florence 135. Hybride de Farrer (Australie), introduit en 1920, propagé depuis six ans, occupe déjà de grandes surfaces. Très précoce (maturité début de mai à Tunis), productif (a dépassé plusieurs fois 30 quintaux), sensible à la rouille jaune (*Puccinia glumarum*), exposé au gel des épis et à la verse tardive. *Le Florence est excellent pour être panifié seul.* La Meunerie locale fit quelques difficultés pour

l'adopter, au début, en raison de son grain dur, presque vitreux: la Boulangerie en reconnut empiriquement les qualités et ce blé fut surpayé en 1930.

Irakié 231. Reçu de l'Irak en 1920, probablement originaire de l'Inde anglaise. Propagé depuis cinq ans; même précocité et mêmes caractéristiques culturales que le Florence. *Véritable blé de force;* grain vitreux, peut se traiter comme un blé dur et donner de petites semoules; ajouté aux blés durs dans les pâtes alimentaires, il donne à ces dernières une grande élasticité qui empêche la rupture à la sortie des presses. Farine un peu grise, qu'il est préférable de ne pas panifier seule et d'employer en mélange avec des farines faibles.

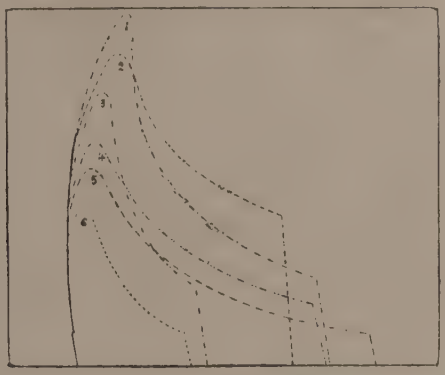


Fig. 2. — Blé de Tunisie en grande culture; courbes obtenues à l'extensimètre Chopin

1. Blé Cailloux	588
2. Irakié	231
3. Richelle	110
4. Baroota	52
5. Florence	125
6. Mahon	73

Blé Cailloux (Florence × Aurore) 588. Hybride du professeur Schribaux, envoyé par lui (deuxième génération en mélange), en 1922, au Service Botanique, qui a séparé et comparé un grand nombre de lignées (travail encore en cours actuellement). La lignée 588, remise en 1925, à raison de 500 gr., à M. Cailloux, agriculteur à Souk-el-Khemis, était représentée en 1930 par 7.000 quintaux récoltés sur 280 ha. (25 qx à l'ha). Le producteur l'a soumis à l'examen de l'École française de Meunerie de Paris et à l'essai de plusieurs minoteries de la Métropole.

Il résulte de ces essais et de l'examen à l'extensimètre que cette variété est un *véritable blé de force* comparable au type Manitoba courant.

Même précocité et même sensibilité à la rouille jaune que le Florence; plus résistant à la verse.

Une partie importante de la récolte 1930 a été vendue comme semence en Tunisie. Une extension rapide de ce blé est à prévoir. Nous lui avons donné le nom de l'agriculteur qui a eu le double mérite de le multiplier et de le faire apprécier de la minoterie métropolitaine.

2° *Blés en multiplication, dont la propagation commencera en* 1931. (V. fig. 3.) — Ce sont plusieurs lignées issues du croisement Pusa × Florence, dues au Professeur SCHRIBAUX, séparées et étudiées au Service Botanique depuis 1922. Même précocité que le Florence, qualités culturales au moins égales.

Ces variétés ont donné d'excellents résultats dans les champs d'expériences régionaux organisés par le Service Botanique.

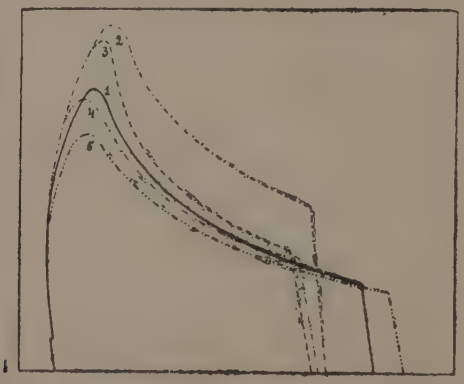


FIG. 3. — Blés de force tunisiens en multiplication comparés au Manitoba n° 1

1. Manitoba n° 1.
2. Pusa-Florence. 380
3. — 381
4. — 387
5. — 385

Elles sont toutes des *blés de force*. Leur propagation rapide paraît assurée à partir de 1931. La plupart occupent, cette année, plusieurs hectares.

3° *Blés encore dans les champs d'expériences, au début de leur multiplication.* — Ils comprennent plusieurs lignées de Pusa 4 × Florence (386) de même origine que les précédentes, remarquables par leur grand indice de gonflement; un Allora × Florence 436, également dû au professeur SCHRIBAUX; un Sunset × Marquis, reçu du Bureau of Plant Industry de Berkeley (Californie), et des hybrides du Service Botanique de Tunisie.

Ces derniers ont comme géniteurs l'Irakié 231, des blés de Strampelli, un de l'Inde et une lignée de *Triticum sphærococcum*.

Ils semblent réunir des qualités boulangères qui en font des *blés de force* et une bonne résistance à la verse ainsi qu'à la rouille jaune,

ce qui permet de considérer ces hybrides comme supérieurs, à ces deux points de vue, à ceux qui dérivent du Florence.

Presque tous ces blés sont précoces. Nous cherchons des blés de force ayant une plus longue période de végétation, analogues au Mahon, au Baroota et à la Richelle, indispensables pour la bonne répartition des travaux de semailles et de récolte. Le Sunset × Marquis 939, excellent à tous points de vue, nous paraît remplir ce desideratum.

Nous possédons d'ailleurs de nombreux hybrides, dont l'étude se poursuit, tant au point de vue de la valeur culturale que des qualités boulangères.

L'épreuve à l'extensimètre sera complétée par des essais de panification au laboratoire.

La figure 4 montre les différences considérables que présentent les

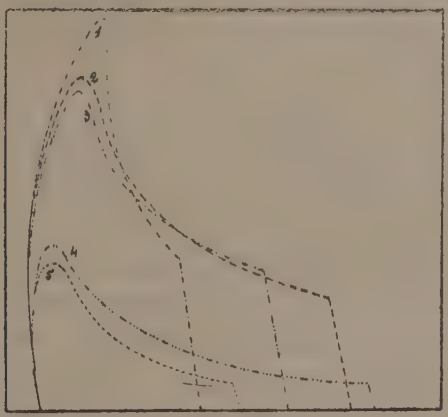


Fig. 4. — Courbes données par plusieurs lignées issues d'une même hybridation

1. Irakié × Ardito 12305 f
2. — 10801 a
3. — 10801 b
4. — 10904 a
5. — 12204 b

lignées issues d'une même hybridation, au point de vue de la valeur boulangère.

La Tunisie cultive dès à présent deux blés de force; elle dispose d'un choix important de variétés rentrant dans cette catégorie, dont plusieurs donnent, à l'extensimètre, des résultats largement équivalents à ceux que fournit un Manitoba de choix. Il paraît certain que, dans les toutes prochaines années, la Tunisie, et probablement tout le Nord-Africain français, seront producteurs de blés de force pour l'exportation.

Cette évolution de la culture du blé tendre s'accompagne de l'organisation de silos.

Alors que l'Algérie en avait créé tout un réseau, la Tunisie n'en possédait qu'un, à Béja. Sur un programme de quinze, récemment adopté, quatre ont été construits en 1930. Des silos de transit sont également prévus à Tunis et à Bizerte.

La constitution de lots importants, homogènes, de qualités bien définies répondant à un standard facile à établir, sera la conséquence de cette organisation.

Le Nord de l'Afrique présente les conditions les plus favorables à la production des blés de force : courte période de végétation, maturation par temps sec. Il se devait de rechercher des variétés adaptées à son climat particulier, productives, possédant les qualités spéciales de force, donnant à l'exportation des blés qui ne viennent pas s'ajouter à la production métropolitaine, mais la compléter harmonieusement.

Pour ce qui concerne la Tunisie, nous pouvons considérer le problème comme résolu; sa solution, toutefois, pouvant encore recevoir des améliorations de détail.

Nous sommes heureux de l'occasion qui s'offre à nous d'exprimer publiquement à M. le Professeur Schribaux toute notre gratitude pour nous avoir fourni, dès 1922, un important matériel, issu de dix-neuf hybridations, dans lequel une sélection de huit années a mis en relief quelques lignées fort intéressantes.

III. — VALEUR CORRECTIVE DE QUELQUES BLES DE FORCE TUNISIENS A L'EGARD D'UN CERTAIN NOMBRE DE BLES FRANÇAIS

L'addition des blés de force aux blés français pour augmenter la valeur boulangère de ces derniers est de pratique courante.

M. Marcel Chopin, en étudiant, au moyen de son extensimètre, les modifications apportées aux propriétés mécaniques de la pâte par le mélange de deux blés, conclut (1) :

« Le travail de déformation W d'un mélange est une fonction additive des W des constituants. »

Cette règle a été vérifiée pour les mélanges de deux blés de Manitoba (W = 226 et 267) à deux blés de pays (W = 64 et 65), et pour des proportions complémentaires de 20, 40, 60 et 80 % de chacun des deux constituants.

M. Marcel Chopin tire de ces résultats la déduction suivante :

« Chaque constituant agit dans le mélange comme s'il était seul et cette fonction additive est une preuve de la simplicité des phénomènes mécaniques que subissent ces substances malgré leur composition complexe. »

---

(1) Marcel Chopin. — *Propriétés mécaniques additives des pâtes de farine de froment*, C. R. T. 190-1930 — p. 1448.

Il est probable que M. Chopin appuie cette généralisation sur l'examen d'un grand nombre de mélanges. La confirmation de cette règle de proportionnalité rendrait très simple la détermination des mélanges de blés à effectuer pour obtenir les qualités mécaniques de la pâte recherchées pour une bonne panification.

La complexité de la composition des matières azotées qui donnent à la pâte sa ténacité et son extensibilité permettant de supposer que tous les mélanges ne réalisent pas, au même degré, les additions de substances propres à accroître la valeur boulangère; il importe, à notre sens, d'ajouter de nouvelles observations à celles de M. Chopin, en les faisant porter sur le plus grand nombre possible de mélanges.

L'étude de la valeur corrective de quelques blés de force tunisiens à l'égard des principaux blés français nous a fourni l'occasion d'apporter notre contribution à cette étude.

Nous avons utilisé neuf blés français, choisis parmi ceux qui occupent la plus grande surface dans les emblavements de la Métropole, représentés par des échantillons de semences sélectionnées, récoltées en 1930, en France. Les blés de force tunisiens sont représentés par des lignées récoltées en 1930, en Tunisie.

Pour envisager la question aussi complètement que possible, il eût été nécessaire d'examiner à l'extensimètre tous les mélanges réalisables avec les variétés dont nous disposions. Nous nous proposons de réaliser ce travail d'ensemble à l'automne 1931. La quantité réduite de grains que nous avions conservée, ainsi que d'autres occupations, ne nous ont permis de réaliser qu'une étude préliminaire.

Il a été possible d'examiner :

1° L'addition de la même proportion (10 %) à neuf blés français de deux blés de force tunisiens;

2° L'addition, à un même blé français, de la même proportion (10 %) de cinq blés tunisiens et du blé de Manitoba employé à titre comparatif.

Les tableaux 2 et 3 représentent les résultats obtenus, dans lesquels les modifications observées sont rapprochées des modifications calculées d'après la règle de proportionnalité formulée par M. Marcel Chopin.

La figure 5 donne les courbes : du blé français « Hybride hâtif inversable » pur (courbe n° 1), du Manitoba pur (courbe n° 3), de l'Irakié pur (courbe n° 2);

du mélange de 90 % d'Hybride inversable avec 10 % de Manitoba (courbe n° 7);

du mélange de 50 % d'Hybride inversable avec 50 % de Manitoba (courbe n° 5);

du mélange de 90 % d'Hybride inversable avec 10 % d'Irakié (courbe n° 6);

du mélange de 50 % d'Hybride inversable avec 50 % d'Irakié (courbe n° 4).

La règle de proportionnalité entre les propriétés mécaniques des

pâtes des deux constituants, limitée à l'indice W, qui donne l'expression la plus complète de la valeur boulangère, se vérifie très exactement, dans la série des mélanges avec Pusa × Florence 380, pour deux blés : Rouge d'Ecosse et Vilmorin 27, et approximativement pour deux autres : Bordeaux et Bon Fermier. Elle n'est pas suivie pour les cinq autres blés : l'amélioration observée est fortement supérieure à celle que donne le calcul pour Paix, Japhet et Hâtif inversable, elle lui est inférieure pour Hybride Vilmorin 23 et pour Alliés.

Dans la série des mélanges avec Irakié 231, la règle de proportionna-

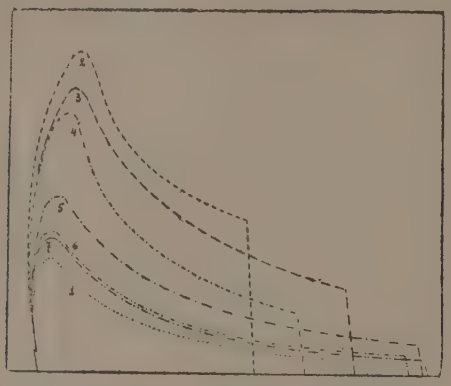


Fig. 5. — Amélioration de l'Hybride hâtif inversable par mélange avec Manitoba n° 1 (10 et 50 %) et avec Irakié (10 et 50 %)

1. Hybride-Inversable pur.
2. Irakié 231 pur.
3. Manitoba n° 1 pur.
4. H. Inversable plus Irakié 231 à 50 %.
5. H. Inversable plus Manitoba n° 1 à 50 %.
6. H. Inversable plus Irakié 231 (10 %).
7. Inversable plus Manitoba n° 1 (10 %).

lité n'est satisfaite que dans un cas, Hybride 27. L'amélioration est très supérieure à celle qui résulte du calcul pour les deux blés : Hâtif inversable et Alliés. Elle est supérieure dans six cas : Hybride 23, Rouge d'Ecosse, Bordeaux, Paix, Japhet et Bon Fermier; pour trois de ces derniers blés l'indice W a été diminué par l'addition de l'Irakié, pour lequel W = 236,3.

Ces résultats présentent un tel désaccord avec la règle énoncée par M. Chopin que nous avons dû rechercher s'ils n'étaient pas entachés d'erreurs tenant au mode opératoire.

Les blés 380 et 231 sont à grains demi-vitreux, durs; leur attaque au moulin de laboratoire peut être différente de celle des blés français; comme ils ont été ajoutés seulement dans la proportion de 10 %, un traitement incomplet de ces grains pourrait expliquer une action insuffisante; il reste toutefois étranger à une action négative aussi bien qu'à un effet supérieur à la modification calculée.

Tableau II

Principaux blés français (1930) employés purs et après addition de 10 % de Pusa Florence 360 ou de 10 % d'Irakié 231

Indices { Pusa Florence 380 pur : P = 103,4 G = 19,1 W = 273,8.
Irakié 231 pur : P = 88,3 G = 18,5 W = 236,3.

N° d'ordre	Variétés		Farine pure	Farine additionnée de 10 % de Pusa Florence 389			Farine additionnée de 10 % d'Irakié 231		
				Indices obtenus	Différence observée	Différence calculée	Indices obtenus	Différence observée	Différence calculée
1-2	Hybride Vilmorin 23...	P	34.5	37.5	3	6.9	38.5	4	5.4
		G	17.3	17.5	0.2	0.3	16	—1.3	0.1
		W	68.4	74.5	9.7	20.8	65.8	1	17.1
3-4	Rouge d'Ecosse...	P	32.6	42	9.4	7.1	33.1	0.5	5.6
		G	20.4	18.9	—1.2	—0.1	19.6	—0.8	0.2
		W	74.7	94.6	19.8	19.8	73.6	—1.1	16.2
5-6	Bordeaux.....	P	43.9	49	5.1	5.9	45.6	1.9	4.4
		G	16.4	17.1	0.7	0.3	16.6	0.2	0.2
		W	79.9	97.2	17.3	19.3	86	6.1	15.6
7-8	Paix.....	P	38.8	48.9	10.1	6.5	36.8	—2	5
		G	18.5	17.8	0.7	0.1	18.8	0.3	0
		W	83	109.7	26.7	19	79.6	—3.4	15.3
9-10	Hybride Vilmorin 27 ...	P	44	51.4	7.4	5.9	50 4	6.4	4.4
		G	17.3	17.4	0.1	0.2	18.9	1.6	0.1
		W	95.3	113.1	17.8	17.7	118.3	13	14.1
11-12	Japhet.....	P	44	49	5	5.9	44.1	0.1	4.4
		G	18.6	19	0.4	0.5	18.4	—0.2	0
		W	96 3	124.1	27.8	17.6	104.2	7.9	14
13-14	Blatif inversable Vilmorin.	P	35	46.1	11.1	6.8	42.2	7.2	5.3
		G	20.6	20.3	0.3	—0.2	21.2	0.6	0.2
		W	97	134.1	37.9	17.6	120.9	33.9	13.9
15-16	Bon Fermier.....	P	45.5	45.5	0	5.8	41.5	—4	4.3
		G	20.9	22.7	1.8	—0.1	20.9	0	0.2
		W	118.7	136.4	17.7	15.4	99.5	—9.3	11.8
17-18	Alliés.....	P	48.2	45.5	—2.7	5.5	51.5	3.8	4
		G	19.3	20.4	1.1	0.2	20.3	1	0.1
		W	118.8	129.8	11	15.4	142.1	23.3	11.7

Pour vérifier cette supposition, trois mélanges de la 2e série (10-14 et 16) ont été obtenus en partant de farines pures, soigneusement mélangées par de nombreux tamisages successifs : le 10 suit la règle, le 14 donne un résultat très supérieur au chiffre théorique, le 16 une forte diminution de l'indice W.

L'influence du mode de mélange, grains ou farines, a été recherchée pour des mélanges à 50 % d'Irakié et de Manitoba avec Hâtif inversable (de la récolte 1929, notre échantillon de la récolte 1930 étant épuisé). Ci-dessous les résultats :

	P	G	W
Hâtif inversable 1929, farine pure.....	30,7	22,3	70,1
Irakié 1930 —	88,3	18,5	236,3
Manitoba —	77,5	21,9	240,9
Hâtif inversable 50 %; Irakié 50 % :			
Valeur calculée.....	59,5	20,4	153,2
Grains mélangés.....	60,6	21,8	159,6
Farines mélangées.....	72,0	20,3	175,2
Hâtif inversable 50 %; Manitoba 50 % :			
Valeur calculée.....	54,1	22,1	155,5
Grains mélangés.....	47,5	23,9	143,4
Farines mélangées.....	57,9	25,4	172,7

Dans cet essai, tout particulièrement soigné, les huit courbes de chaque épreuve sont très voisines et indiquent qu'aucune faute de technique n'est à envisager. Les résultats montrent :

1° que l'Irakié a, par rapport à l'Hybride hâtif inversable 1929, une valeur améliorante identique à celle du Manitoba, dont il est voisin comme valeur de W;

2° que l'effet des deux blés de force est sérieusement accru, au point de dépasser l'amélioration calculée, lorsque leurs farines, préparées à part, sont additionnées à celle de l'Hybride hâtif inversable.

Il aurait fallu répéter l'expérience avec les autres blés français, ce que nous n'avons pu faire, notre petite provision étant épuisée.

Tout ce que l'on peut retenir de ces trois séries d'essais, c'est que certains blés français semblent plus faciles à améliorer que d'autres. L'Hybride hâtif inversable donne, dans les trois cas, un W supérieur à celui que fait prévoir le calcul, tandis que l'Hybride 23 s'est montré rebelle à une amélioration conforme à la règle de proportionnalité dans les deux séries où il est compris.

D'autre part, l'Irakié montre parfois des effets améliorants dépassant les prévisions et se trouve par contre souvent incapable de jouer le rôle de blé de force.

Les raisons de ce comportement des différents blés à l'égard les uns des autres échappent.

Le tableau 3 donne les résultats d'une addition du blé Hâtif inversable (récolte 1929) de 10 % de cinq blés de force tunisiens et du blé de Manitoba.

TABLEAU III

Hybride hâtif inversable, récolte 1929, additionné de 10 % de plusieurs blés de force

Hâtif inversable 1929, pur : P = 30,7 G = 22,3 W = 70,1

MODE DE MÉLANGE	VARIÉTÉS DE FORCE		BLÉS de force Farine pure	HATIF inversable + 10 % de blé de force	Différence observée	Différence calculée
Mélanges de grains	Manitoba	P	77.5	36.9	6.2	4.7
		G	21.9	23.9	1.6	6
		W	240.9	87.2	7.1	17.1
	Irakié 231	P	88.3	37.2	6.5	5.8
		G	18.5	23.6	1.3	—0.4
		W	236.3	93.7	23.7	16.7
	Pusa × Florence 380	P	103.4	39.5	8.8	7.3
		G	19.1	22	—0.3	—0.3
		W	272.8	90.8	20.7	20.3
	Pusa×Florence 381 c.	P	79	46.9	16.2	4.8
		G	19.4	20.3	—2	—0.3
		W	177.2	96.3	26.2	0.7
Mélanges de farines	Pusa × Florence 385	P	84.5	55.6	24.9	—5.4
		G	19.7	21.5	—0.8	0.3
		W	204.7	121.6	51.5	3.5
	Florence×Aurore 588	P	99	43.2	12.7	6.8
		G	12.9	21.1	1.9	—0.2
		W	236.8	97.8	27.7	15.7

Trois mélanges ont été faits à l'état de grains moulus ensemble et trois ont été réalisés avec les farines obtenues séparément.

Le Manitoba et le Pusa × Florence 380 ont produit une amélioration très voisine de celle que donne le calcul, les quatre autres accusent des résultats fortement supérieurs au résultat théorique.

Le mélange des farines est plus efficace que les mélanges des grains.

Tous ces essais concordent pour montrer que l'Hybride hâtif inversable bénéficie d'une amélioration égale et souvent supérieure à celle qui était attendue.

S'il ne nous est pas permis de conclure avec certitude que tous les mélanges de blés sont améliorants au même degré par simple addition de leurs qualités propres, cette conclusion devant être basée sur un plus grand nombre de déterminations portant sur tous les mélanges possibles entre une série de blés faibles et une série de blés de force, les résultats ci-dessus nous mettent cependant en garde contre une appréciation trop hâtive de la valeur améliorante de tous les blés à W élevé, et sur la possibilité d'améliorer avec une égale facilité toutes les variétés à W faible. La question des qualités additives des farines n'est pas résolue pour ce qui concerne le matériel qui a servi à nos essais. Nous comptons en reprendre l'étude méthodique après la prochaine récolte, en même temps que nous étudierons les mélanges des blés tunisiens entre eux.

IV. — VARIATION DE LA VALEUR BOULANGERE DES BLES TENDRES CULTIVES EN TUNISIE

La valeur boulangère des blés tendres dépend certainement de plusieurs facteurs, parmi lesquels : proportion, composition chimique et propriétés physiques du gluten.

On conçoit que l'aptitude à une bonne panification soit très variable d'une variété à l'autre et constitue en quelque sorte une qualité propre à chaque variété. Nous avons précédemment donné les résultats de l'examen à l'extensimètre Chopin d'un certain nombre de variétés de blés cultivés en Tunisie.

La valeur boulangère d'une même variété subit en outre des variations sous l'influence des conditions dans lesquelles se sont produites la maturation du blé et la conservation du grain.

Les résultats que nous avons obtenus en 1930 permettent de faire ressortir quelques-unes de ces causes de variations et d'envisager un programme d'étude méthodique à leur appliquer.

Maturation après la récolte

C'est une constatation courante que les blés se panifient moins facilement aussitôt après la récolte qu'après un délai de conservation de quelques mois. Il se produit certainement une sorte de maturation physiologique du grain conservé dans de bonnes conditions. Nous constatons chaque année, lors de la détermination de la faculté germinative des semences issues de cultures pédigrées, que le pourcentage de germination ne dépasse guère 75 à 80 en juillet pour atteindre 95 à 100 en octobre. Cette maturation semble intéresser également la valeur boulangère, comme le montrent les chiffres suivants :

Résultats de l'examen à l'extensimètre Chopin :

Blés de la récolte 1930 :	P	G	W
Baroota 52, août	49,0	15,7	82,5
Baroota 52, novembre	51,3	19,2	121,4
Richelle 110, août	74,6	14,4	108,0
Richelle 110, novembre	76,9	15,0	122,0
Mahon 73, août	43,2	13,5	51,9
Mahon 73, novembre	44,0	14,2	54,7
Mahon 124, août	34,1	18,2	48,5
Mahon 124, novembre	39,0	17,2	56,5
Florence × Aurore 588, août	76,5	17,4	143,2
Florence × Aurore 588, novembre	94,5	17,8	201,7
Florence × Aurore 588, janvier	99,0	19,9	226,8
Pusa × Florence 385, août	68,9	20,2	188,7
Pusa × Florence 385, janvier	84,5	19,7	204,7

L'amélioration de la qualité boulangère est très nette entre les résultats d'août, de novembre et de janvier. Elle est toutefois faible pour les blés de Mahon (lignées 73 et 124), qui restent médiocres.

Pour affirmer que les différences constatées ci-dessus tiennent au vieillissement du blé, il faudrait que toutes les conditions de l'expérience, à l'exception de l'âge du grain, fussent restées les mêmes. Il en est bien ainsi pour ce qui concerne l'échantillon (variété et provenance), les températures de pétrissage, de maturation de la pâte et de l'extensimètre: seule la température du laboratoire était plus élevée en août qu'en novembre et janvier. Il sera nécessaire de refaire des déterminations, en 1931, en prenant les dispositions propres au maintien de la température du laborotoire au même degré.

Année de récolte. — Les conditions d'humidité et de température de l'air et du sol sont considérées comme ayant une grosse influence sur la valeur boulangère d'une même variété. Pour étudier ces causes de variations il faudrait disposer pour une même station de résultats portant sur plusieurs années de récolte, pour des grains de même âge, et avoir noté parallèlement les conditions météorologiques de la maturation. Nous espérons pouvoir réunir cette documentation, tant pour la station centrale de notre Service que pour les champs d'essais régionaux qui en dépendent et qui vont être pourvus des appareils météorologiques nécessaires.

Nous ne disposons actuellement que des chiffres obtenus pour le blé Mahon 73 des récoltes 1929 et 1930, à la suite d'examen à l'extensimètre effectué en novembre 1930.

Mahon 73 :

Provenance	P	G	W
Siliana 1929	73,8	14,8	101.6
Enchir-Lebna 1929	60,8	15,2	100,6
Enchir-Lebna 1930	31,1	13,9	41,4
Service Botanique 1930	44,0	14,2	54,7
Fedjet-Khemaken 1930	42,1	12,1	42,0
Ferryville 1930	42,7	18,1	63,4

Les deux échantillons de Mahon 73 de la récolte 1929 sont très supérieurs à ceux de 1930, même lorsqu'ils ont la même provenance (Enchir-Lebna). Les conditions de l'expérience ne nous permettent toutefois pas de préciser si cette différence tient à l'année de production ou au vieillissement du grain.

Effets de la rouille. — Les blés très précoces, de bonne valeur boulangère, que nous nous efforçons de propager en Tunisie sont pour la plupart sensibles à la rouille jaune (*Puccinia glumarum*), surtout le Florence et les hybrides dans lesquels il entre comme géniteur. D'autres hybrides à l'étude, tout aussi précoces, paraissent moins sensibles.

Le Florence bien que très rouillé (feuilles, glumes et glumelles) au point que les grains sont saupoudrés de spores, donne encore un bon rendement. Dans le cas d'attaques très intenses, une proportion plus ou moins grande de grains souffrent dans leur développement, leur maturation est anormale, leur surface est ridée. Une partie de ces grains peuvent être éliminés au triage, les plus volumineux restent en mélange avec les grains sains.

L'attaque de la rouille jaune a été particulièrement intense au printemps 1930 sur le Florence semé un peu trop tôt (avant fin novembre) et faible sur les semis plus tardifs. Les chiffres suivants montrent l'influence de la rouille sur la valeur boulangère.

Florence 135 :

Provenance	P	G	W
Service Botanique, blé très rouillé av. triage (50 % de grains ridés)	34,5	18,9	59,5
Ap. triage (15 % de grains ridés)	57,0	19,3	105,7
Fedjet-Khemaken, blé rouillé	44,6	19,0	78,8
Saint-Cyprien, blé non rouillé	54,5	21,5	127,5
Chougafah, blé non rouillé	74,0	17,1	128,0
Siliana, blé non rouillé	79,3	19,8	152,0
Goubellat, blé non rouillé	78,9	19,9	166,1

La diminution de la valeur boulangère du Florence sous l'influence

de la rouille jaune est très marquée; elle porte beaucoup plus sur la ténacité de la pâte que sur son indice de gonflement.

Un autre exemple très net de l'influence néfaste de la rouille nous a été fourni par l'étude des diverses lignées de Pusa × Florence 386. Sur 20 lignées soumises aux essais, 13 ont été supprimées pour sensibilité à la rouille jaune, 7 ont été récoltées et passées à l'extensimètre, sur lesquelles :

3 légèrement rouillées ont donné :

W = 111,2 — 94,7 — 91,8.

4 à grains sains ont donné :

W = 175,5 — 174,8 — 188,3 — 192,8.

Il est donc de toute nécessité de rechercher des blés de force précoces, résistants à *Puccinia glumarum*.

Influence de la région. — Elle peut dépendre de la nature du sol et surtout des facteurs physiques qui ont une action sur la végétation et la maturation du blé. L'étude de ces diverses causes de variation de la valeur boulangère, qui doit entrer dans celle de l'adaptation des variétés aux diverses régions naturelles du pays, requiert plusieurs années et des cultures comparatives sur un certain nombre de points du territoire.

Nous avons eu à notre disposition, comme premier matériel, les semences de variétés pures prélevées chez les producteurs soumis au contrôle du Service Botanique, et des échantillons provenant de quelques champs d'expériences régionaux dont nous avons pu effectuer le battage.

A partir de 1931, l'examen portera sur toutes les récoltes des quinze champs d'expériences, pour les variétés donnant satisfaction au point de vue cultural; ces champs seront pourvus, ainsi que nous l'avons dit plus haut, des appareils météorologiques permettant la mesure des principaux facteurs écologiques : température de l'air et du sol, rayonnement solaire en calories, pluie, humidité de l'air, direction et vitesse du vent.

Nous avons donné plus haut les résultats obtenus pour les blés Mahon 73 et Florence 135.

Baroota 52 :

Provenance	P	G	W
	—	—	—
Service Botanique	51,3	19,2	121,4
Cébala de Bizerte	56,9	19,8	147,5
Ferryville	49,4	17,8	111,0
Enchir-Lebna	63,5	20,0	155,3
Djebel-Mansour (700 m.)	76,6	17,2	172,9

Richelle 110 :

Service Botanique	76,9	15,0	122,0
El-Akhouat	67,1	13,8	90,7

Pusa x Florence 381 c :

Service Botanique	100,6	18,2	222,3
Saint-Cyprien	74,7	18,5	173,6
El-Akhouat	70,5	20,9	181,6

Pusa x Florence 385 :

Service Botanique	101,5	18,9	302,4
Sidi-Tabet	65,5	22,8	229,4
Saint-Cyprien	68,9	20,2	188,7
El-Akhouat	62,5	21,5	180,5

La discussion de ces résultats donne peu d'indications, les conditions du milieu pour les diverses stations n'étant pas connues avec précision et les récoltes ayant été différemment affectées par la rouille jaune. Pour une station littorale située dans la région assez pluvieuse (Ferryville), nous voyons le Mahon 73 donner de meilleurs résultats qu'ailleurs, tandis que le Baroota s'y comporte moins bien.

Dans une autre station littorale (Enchir-Lebna), sur la côte Est de la presqu'île du Cap-Bon, moins bien arrosée, le Mahon 73 est plus mauvais que partout ailleurs et le Baroota y est très bon.

Le Florence donne de meilleurs résultats dans les régions très continentales, demi-sèches (Siliana, Le Goubellat) que près des côtes.

La Richelle 120 et le Pusa × Florence 381 et 385 sont au contraire meilleurs au Service Botanique, près de la mer, qu'à El-Akhouat, station continentale.

Nous ne donnons ces résultats que pour montrer la complexité du problème de l'influence des régions sur la valeur boulangère de quelques variétés, choisies parmi les moins bonnes et les meilleures. Il conviendra d'étudier séparément l'action des divers facteurs du milieu lorsqu'il sera possible de les mesurer et d'éliminer toutes autres causes de variation telles que l'influence de la rouille, le mode et la durée de conservation, etc...

Programme de travail. — Cette revue succincte de résultats très incomplets n'a guère d'autre intérêt que de contribuer à l'établissement d'un programme d'étude méthodique des causes de variation de la valeur boulangère.

Il nous semble utile d'élucider en premier lieu l'influence des facteurs suivants :

Facteurs agissant sur la végétation :

Richesse naturelle du sol en éléments de fertilité, engrais, pluie, durée de la végétation.

Facteurs agissant sur la maturation :

Température de l'air et du sol, humidité de l'air et du sol; accidents de maturation : rouille, échaudage, mitadinage.

Facteurs agissant sur la conservation :

Humidité et température du milieu (sacs, vrac, silos), durée de conservation.

Il paraît problable que la valeur boulangère, due à des matières azotées (gluten) de composition et de propriétés spéciales pour chaque variété, a pour causes principales de variation, pour une même variété, les conditions dans lesquelles se produisent la maturation du grain et sa conservation.

MARCEL CHOPIN

Remarques sur la valeur corrective du Blé « Irakié »

MM. Bœuf et Matweeff ont étudié l'influence améliorante de quelques blés de force tunisiens à l'égard de plusieurs blés français. Certains de leurs résultats (1) étant en désaccord avec la règle des W (2), j'ai demandé à M. Bœuf de bien vouloir me faire l'envoi d'un échantillon du blé « Irakié », qui avait donné lieu aux écarts les plus sensibles.

J'ai étudié ce blé en mélange avec un bon blé du pays. Les conditions d'essai étaient les suivantes : Blés moulus séparément au taux de 50 %; farines soigneusement mélangées. Le blé Irakié étant relativement sec (13 % d'humidité) et dur, a été additionné de 4 % d'eau et mis en repos avant mouture pendant 24 heures. Essais à l'Extensimètre, moyenne de 2 essais dans chaque série :

Blé Irakié pur	(A) : P = 106,7	G = 18,6	W = 267,0
Blé pays pur	(B)	34,0	22,5	92,5
20 % A	80 % B	45,4	22,0	120,0
40 % A	60 % B	52,5	21,4	149,0
60 % A	40 % B	64,5	20,3	181,0
80 % A	20 % B	83,5	19,7	222,0

Les résultats relatifs au W sont représentés sur le diagramme ci-contre : en abscisses le pourcentage du blé Irakié dans le mélange, en ordonnées le W observé pour chaque mélange. J'ai représenté sur le même diagramme et à titre d'exemple les résultats que j'ai obtenus récemment avec les mélanges de blés : Kurrachee — Blé de pays, et Bahia-Blanca — Blé de pays.

Lorsque l'additivité existe les points figuratifs sont situés — aux écarts d'expérience près — sur la droite A B. C'est ce que j'ai constaté avec des blés très différents. Avec le blé Irakié les points figuratifs sont situés sur une courbe nettement incurvée par rapport à la droite, et l'amélioration est moindre que ne l'indique le calcul.

Avec 10 % d'Irakié l'écart entre la courbe et la droite est d'environ 5 à 6 %. Si l'on fait la moyenne des résultats obtenus par MM. Bœuf et Matweeff dans le mélange de 10 % d'Irakié et de 90 % de différents

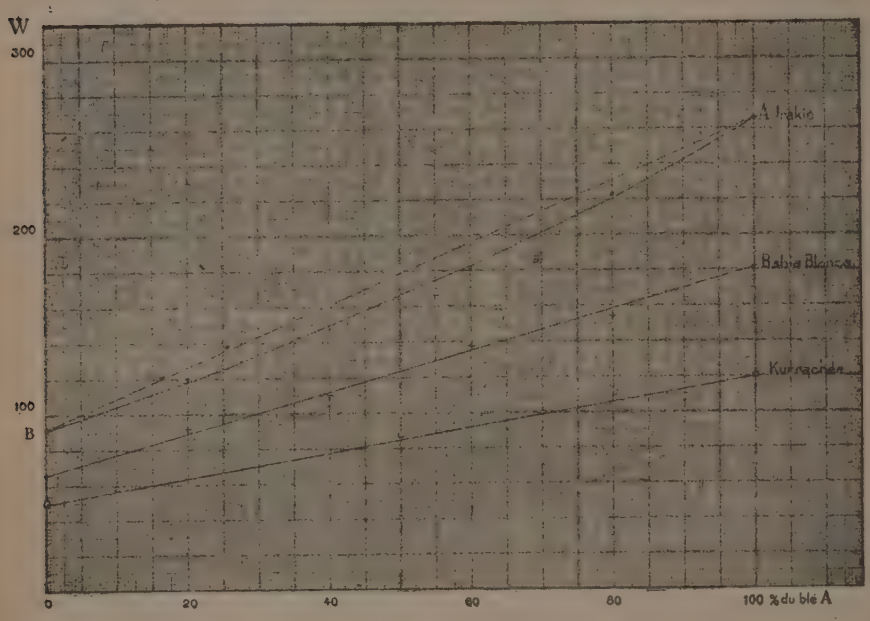
(1) F. Bœuf et M. Matweeff, C. R. Ac. d'Agriculture de France, t. 17, p. 115-1931.

(2) Marcel Chopin — *Propriétés mécaniques additives des pâtes de farine de froment* C. R. t. 190, p. 1449, 1930.

blés français, sans se préoccuper de la nature propre de ces blés, on trouve :

W moyen calculé : 106,8; W observé : 99.

L'écart est sensiblement le même et dans le même sens. Il est donc très probable, et conforme à mes observations, que les différents blés français ont joué dans les mélanges avec l'Irakié des rôles très voisins, et que les écarts individuels constatés sont principalement d'ordre expérimental. Ces auteurs ont fait des expériences analogues avec le Pusa × Florence mélangé avec différents blés français. Le même



calcul conduit à un écart de 1 à 2 % et confirme que ce dernier blé obéit à la loi d'additivité.

MM. Bœuf et Matweeff expriment l'opinion que la grande complexité des matières azotées semble être un obstacle à l'additivité de leurs propriétés. L'existence d'une loi additive, applicable très généralement, ressort de mes nombreuses expériences sur les blés; l'écart constaté avec Irakié, très supérieur aux écarts observés jusqu'alors, semble dû en partie à ce que la pâte manque un peu de liant, ce qui occasionne des ruptures assez irrégulières. D'une manière générale l'additivité des produits mécaniques s'explique si l'on remarque que les moindres particules de farines ont des dimensions incomparablement supérieures aux dimensions moléculaires. Les différents constituants existent donc dans la pâte sous forme de micelles simple-

ment juxtaposées, et non combinées, et les propriétés mécaniques du mélange dépendent du pourcentage des particules en présence et de leurs propriétés individuelles.

Observons en terminant que de tels essais présentent de grandes difficultés d'exécution : le mélange de matières pulvérulentes est toujours imparfait, et de plus l'écart entre les nombres observés renferme les erreurs de trois expériences à l'extensimètre. Pour se prémunir contre ces causes d'erreurs, il est très utile de faire varier le pourcentage des constituants, chaque point représentatif étant autant que possible la moyenne de deux ou trois essais.

Je ne pense pas qu'il y ait lieu de s'inquiéter particulièrement du manque partiel d'additivité du blé Irakié. L'anomalie a surtout un intérêt théorique, car au point de vue pratique l'écart est assez faible et on peut toujours en tenir compte. L'essentiel est qu'il suffise d'introduire un assez faible pourcentage de blé Irakié dans nos blés français pour obtenir une amélioration très sensible; ce blé ne convenant toutefois pas aux besoins usuels de la boulangerie lorsqu'il est employé pur.

L. YANKOVITCH & M. MATWEEFF

Influence des Facteurs climatériques et des Engrais sur la teneur des Blés tunisiens en Matières azotées et leur Valeur boulangère

En raison de l'intérêt que présente pour la boulangerie française l'amélioration des farines de Blé au double point de vue : a) de leur valeur alimentaire (augmentation de la teneur en matières protéiques) et b) de leurs qualités boulangères (aptitude à donner un pain bien levé, de bon aspect et agréable à la dégustation), nous avons cru utile de présenter cette note qui, pour la plupart des données qu'elle contient, est une analyse de travaux étrangers. Nous y avons cité de préférence les résultats d'expériences américaines et russes, avec l'intention de les vulgariser, et nous avons un peu négligé la littérature française, que nous supposons connue des lecteurs au courant de la question. En général, nous avons cherché à dégager les résultats essentiels en évitant l'accumulation excessive des données d'expériences innombrables qui s'y rapportent.

Les principaux ouvrages dont nous nous sommes servis sont celui de C. H. BAILEY (1), publié aux Etats-Unis, et de N. IVANOV, en U. R. S. S. (2).

Tous les deux contiennent une très complète documentation, mais tandis que N. IVANOV porte son attention sur la teneur des blés en azote, BAILEY, en plus, s'occupe beaucoup de la question des qualités des farines et de leur composition chimique.

Nous avons ajouté les résultats de nos travaux dans cette voie, études encore à leur début, mais qui peuvent illustrer cette note *. Une étude plus complète sur la valeur boulangère des Blés de Tunisie, où nous nous proposons de traiter en détail les rapports existant entre la teneur du Blé en azote et le gluten ainsi que sa valeur boulangère, est en voie d'exécution.

I. Facteurs qui influent sur la teneur des grains de Blé en azote

Chaque plante cultivée modifie sa composition chimique sous l'influence de plusieurs facteurs qui agissent sur elle simultanément;

* Remarque. — Nous avons écarté, pour le moment, la question de l'influence du sol sur la teneur du Blé en azote.

il est relativement facile d'établir les limites (géographiques) de la culture d'une plante donnée et de constater qu'en se déplaçant de sa limite Nord vers sa limite Sud on observe des changements qui ont un sens déterminé; mais il est toujours beaucoup plus difficile d'évaluer l'influence de chaque facteur climatérique sur ces changements.

C'est ainsi que depuis longtemps on sait que les Blés des pays à climat marin fournissent généralement des farines pauvres en azote et que les boulangers sont obligés, pour obtenir de bon pain, d'y incorporer une certaine quantité de « blés de force » obtenus dans les régions à climat continental.

Nous trouvons chez N. IVANOV des chiffres extrêmement nombreux pour illustrer cette constatation fort anciennement établie, et nous lui en empruntons quelques-uns.

Le climat de la Russie d'Europe varie du N.-O., où il est assez marin, au S.-E., où il devient fort continental. Pour cette raison, les essais « géographiques » de mêmes variétés de Blé donnent des teneurs en azote qui varient si l'on se déplace du Nord au Sud ou de l'Ouest à l'Est.

N. IVANOV a obtenu en 1924 (I, p. 129) :

LIEU	Latitude	Longitude	Pluies en mm mai-août	Nombre de var. analysées	Teneur moyenne en mat. az. (%)
Priladoga	59°52'	31°30'	»	7	12.76
Detskoye Selo	59 44	30 23	»	14	12.33
Kiew	50 27	30 28	239.4	21	19.04
Belaya Tzerkow	49 47	30 09	331.7	14	17.68
Verkhnatchesk	48 99	30 03	»	18	19.67
Odessa	46 29	30 46	»	22	20.86

Un autre exemple très intéressant est donné par la carte dressée par F.T. BIRCHARD pour présenter, par des couleurs différentes, la teneur du Blé de Canada occidental en matières azotées en 1930-31. Ces couleurs, qui couvrent le réseau de chemins de fer, permettent de saisir d'un simple coup d'œil que la valeur du Blé en azote augmente si l'on se déplace du N.-E. au S.-O.

Le *climat* continental fournit donc des grains plus riches en matières azotées. Mais il faut convenir que le climat n'est pas une conception simple; il est la résultante de plusieurs facteurs. La température et la pluviométrie sont ses principales caractéristiques; mais même ces facteurs ne sont pas élémentaires.

La *température* agit directement sur la plante en modifiant l'activité de l'assimilation chlorophylienne et de la respiration; mais elle provoque également des changements dans l'humidité relative de l'atmosphère; par là, elle agit sur l'humidité du sol, soit en favorisant l'activité microbienne dans la terre; soit, au contraire, en la rendant presque impossible. La température, par son action sur l'humidité et les microbes du sol, règle ainsi la concentration des

solutions nutritives de ce dernier et modifie toutes les conditions de développement de la plante.

La pluviométrie également n'est qu'une caractéristique assez incomplète; elle agit sur le sol et règle les disponibilités de la plante en eau, mais elle a peu d'influence sur l'intensité de l'évaporation; cette dernière dépend de la vitesse du vent, de la siccité de l'air, de la température; enfin, de la nébulosité, puisque l'ensoleillement active les phénomènes vitaux de la plante et augmente la transpiration.

Si nous ajoutons que *le sol* non plus n'est pas une constante mais qu'il varie d'un lieu à un autre, étant la résultante de l'action des facteurs climatériques sur la roche-mère, que sa fertilité moyenne peut varier d'une année à l'autre suivant sa préparation, sa température et son humidité, on comprend que, dans l'étude de l'influence des différents facteurs sur la teneur des grains de Blé en azote, on trouve toujours des données qui ne sont que *relativement* comparables entre elles (même en opérant avec une lignée pure de Blé, dans les régions différentes, on ne pourra jamais rendre égaux les facteurs autres que celui qu'on veut étudier).

C'est pour cette raison que, parmi tous les facteurs, on a surtout étudié la pluviométrie et l'influence des engrais azotés.

La pluviométrie forte détermine la teneur faible du blé en matières azotées. Le tableau suivant, dressé par THATCHER (1911), que nous empruntons à BAILEY (p. 61), le démontre très nettement :

Teneur en matières protéiques des Blés de différents arrondissements du département de Washington comparée à la pluviométrie

ARRONDISSEMENT	Teneur moyenne en matières protéiques	PLUIES (en mm.)	
Adams and Franklin	12.82	Hatton	1125
S. W. Whitman	12.53	»	»
Okanogan	12.37	Omak	1250
Douglas	12.25	Waterville	1450
N. W. Whitman	11.65	»	»
Walla Walla	11.56	Eureka	1725
Lincoln	11.16	Wilbur	1825
Garfield and Asotin	10.96	Pomeroy	2050
N. E. Whitman	10.75	Rosalia	2425
S. E.	10.63	Pullman	2575
Klickitat	6.03	Goldendale	2900

PRIANICHNIKOV, en cultivant le Blé dans la même terre et dans les mêmes conditions d'éclairage et de température, a obtenu le rapport suivant entre la teneur du grain en azote et l'humidité du sol (I, p. 56) :

Humidité en % (*)	30	40	50	60	70
Teneur du grain en azote	2.86	3.00	2.70	2.60	1.84

(*) Du pouvoir maximum de rétention d'eau par le sol.

Cette expérience permet de prévoir que, dans la même localité, le même Blé aura une teneur en azote inégale d'une année à l'autre, du fait de la variation des pluies en quantité et comme répartitions. Cette prévision est justifiée par les nombreux résultats d'expériences que nous ne trouvons pas nécessaire de citer. Nous aurons l'occasion de les présenter en grand nombre un peu plus tard, quand notre laboratoire de technologie du Blé aura eu le temps de les accumuler. Pour le moment, nous allons indiquer les résultats obtenus à Grignon par DEHÉRAIN et DUPONT (3) :

	% de mat. azot.	% d'amidon
1888, été modéré et humide.....	12.6	77.2
1889, été sec et chaud.....	15.3	61.9

II. Influence de l'irrigation sur la teneur du grain en matières albuminoïdes

Dans une terre pauvre en azote nitrique, les pluies abondantes ne changent pas beaucoup la teneur du grain en matières azotées, comme il résulte de l'expérimentation de JONES ET COLVER, en 1910 (4): par contre, les terres riches en nitrates donnent un grain riche en azote; cette teneur baisse si la quantité d'eau augmente. Ainsi, l'irrigation a pour effet, sur ces sols, d'augmenter le rendement en diminuant la teneur du grain en azote. Ces expérimentateurs ont obtenu :

TERRES PAUVRES EN NITRATES			TERRES RICHES EN NITRATES			
Parcelle	Eau ajoutée en mm.	Matières azotées % sec.	Parcelle	Eau ajoutée en mm.	Matières azotées % sec.	Grain en hl. par ha.
2	0	10.43	3	52.6	19.60	21.519
5	107	12.57	6	235.0	16.15	32.396
8	162	12.30	9	425.6	15.62	41.390
11	287	12.70	12	675.5	12.24	53.182
14	336	12.55	»	»	»	»
17	487	11.59	»	»	»	»
20	716	11.71	»	»	»	»

Ce dernier tableau est particulièrement intéressant. En Tunisie, où l'on pratique le plus souvent l'assolement biennal jachère-Blé, l'utilisation de l'azote assimilable du sol (qui s'y trouve en quantité très importante) (11), peut se faire de deux façons : l'hiver peu pluvieux donnera moins de Blé, mais riche en azote; l'hiver pluvieux fournira une récolte plus abondante, mais un peu pauvre en azote.

IVANOV (2, p. 250) est d'un avis différent. « Dans nos terres riches en azote, nous observons un fait extrêmement important pour notre

agriculture (russe) : l'augmentation de l'irrigation dans les régions sèches détermine une augmentation de rendement sans que la teneur du grain en matières azotées soit abaissée. »

A la Station Expérimentale d'Oural, 1925, on a obtenu :

	% de mat. azotées	Récolte qx/ha
	—	—
Parcelle irriguée.....	18.18	10.77
Parcelle non irriguée.....	18.58	6.42

On peut expliquer cette discordance des opinions par les rendements très inégaux qu'obtiennent les agriculteurs américains et les agriculteurs russes de leurs terres.

Il est donc indiscutablement démontré que la pluviométrie faible et les autres conditions de climat continental fournissent le grain riche en matières azotées. Il faut en trouver l'explication.

L'ancienne conception formulée par l'école d'Isidore Pierre (5) était la suivante : toute la durée de la maturation du Blé, l'amidon et la cellulose augmentent en quantité, tandis que les matières azotées et minérales restent stationnaires pendant les deux derniers mois de croissance.

Si c'était exact, l'explication de la richesse des Blés des régions continentales en matières azotées serait facile à formuler : le raccourcissement de la dernière période de croissance par le manque d'eau provoque l'impossibilité de la formation et du transport des substances hydrocarbonées dans le grain, et ce dernier serait forcément trop riche en matières azotées au détriment de sa teneur en amidon.

Cette opinion a beaucoup de partisans.

Cependant, un grand nombre de travaux ultérieurs sont en contradiction avec la conception d'Isidore Pierre.

Thatcher (6) a entrepris une étude de la maturation du Blé et a obtenu des résultats très importants :

Blé Bluestem (de printemps)

DATE	Poids de 1.000 grains secs	% DE MATIÈRE SÈCHE DU GRAIN				Protéine dans 1 grain
		Cendres des grains	Protéines az. × 5.7	Sucre total en glucose	Amidon	
	grammes					mgr.
Juillet 15.....	6.47	2 94	14.20	9.08	53.93	0.919
— 18.....	10.17	2 70	13.00	7.67	54.84	1.322
— 21.....	14.65	2.42	13.01	3.13	61.00	1.906
— 24.....	19.85	2.30	13.91	1.56	63.42	2.761
— 27.....	21.57	2.05	14.23	1.38	65.11	3.069
— 30.....	23.90	2.01	14.77	1.27	64.82	3.530
Août 2.....	25.23	2.24	15.62	1.08	65.50	3.941

Cet auteur a démontré que, dans les conditions où il a opéré, l'accroissement du grain de blé comporte une accumulation ininterrompue de matière sèche; si la proportion des cendres diminue légèrement, la proportion entre les matières azotées et la somme amidon + sucre reste constante.

Pour expliquer la teneur élevée des Blés des régions chaudes en azote, il faut donc chercher d'autres causes que la maturation brusquée. Ces causes sont :

a) la richesse des terres des régions chaudes en azote assimilable;

b) les températures élevées qui, n'empêchant (probablement) pas la formation des matières azotées, provoquent une notable perte de matières hydrocarbonées par la respiration des plantes; en effet, on sait que l'assimilation chlorophyllienne, variable pour chaque plante, s'opère en général avec le plus d'intensité entre 10° et 33°, ayant son maximum à 20° environ; d'autre part, on sait aussi que l'intensité lumineuse excessive diminue l'assimilation chlorophyllienne, provoquant même l'altération de la chlorophylle (7).

Si nous pouvons supposer que nos plantes sont acclimatées à l'intensité lumineuse, on a toutes raisons de croire que les températures élevées au mois de mai et parfois même en avril, en Tunisie, peuvent diminuer la production des hydrates de carbone; de sorte que le grain arrive à mûrir, normalement (avec son poids normal, sans être échaudé), tout en acquérant une composition anormalement élevée en matières azotées.

Un grand nombre d'expérimentateurs sont amenés à conclure que la teneur du grain de blé en azote n'est pas toujours en rapport avec la pluviométrie, mais qu'elle dépend également des autres conditions climatériques.

C. E. Mangels, qui a fait une étude très intéressante à North-Dakota (U.-S.-A.), arrive à la conclusion que *le facteur le plus important dans l'accumulation des matières azotées est la température de juin à juillet et la durée de la période de végétation* (8). Les Blés riches en azote étant les blés précoces. Son opinion correspond bien à l'observation courante que, dans la même région, la teneur du grain en azote varie d'une année à l'autre, mais il lui revient le mérite de le démontrer indiscutablement et de l'attribuer à l'action de la température et de la durée de végétation, et non toujours à la pluviométrie de l'année.

L'influence de la *durée de la période de végétation*, démontrée par les travaux de Lawes et Gilbert, est actuellement mise à profit par les généticiens de France qui cherchent l'amélioration des qualités boulangères des Blés par l'introduction des variétés précoces. Les nombreuses communications à l'Académie d'Agriculture relatives à cette question sont très intéressantes; Akerman (9), en Suède, est du même avis.

La Tunisie, qui est obligée de chercher les Blés précoces pour échapper aux risques d'échaudage, utilise ce facteur indirectement.

⁂

Nous avons vu jusqu'à présent l'influence, sur la teneur du Blé en azote, de la pluviométrie et de l'humidité du sol, de la température et de la durée de végétation.

Il reste à voir *l'influence des engrais*.

L'action des engrais peut être indirecte et directe.

Toutes les substances salines, même n'ayant aucune valeur fertilisante, augmentent la teneur du Blé en azote; c'est ainsi que le NaCl ou le SO^4 Ca agissent provoquant, probablement, un raccourcissement de la période végétative et augmentant l'échaudage. Cette action indirecte est d'autant plus grande pour un engrais donné qu'il est plus riche en substances solubles et inutiles pour la plante et que le manque d'eau au printemps est plus sensible.

L'action directe d'un engrais résulte de son action spécifique sur la physiologie du Blé. Cette action des engrais est relativement modérée et elle démontre comment les engrais agissent peu en comparaison de l'action propre du sol.

La potasse, qui favorise l'assimilation chlorophyllienne, tend à abaisser la teneur des grains en azote.

L'acide phosphorique a une action qui, suivant les sols, peut être très inégale et même se manifester dans des sens contraires. Généralement, il abaisse la teneur en azote.

Les engrais azotés augmentent la teneur en azote, mais leur action peut être très différente suivant l'époque de leur application, suivant la richesse du sol en azote assimilable et l'époque de semis.

Gericke (1920), en opérant dans les pots et en appliquant près de 100 kgs. d'azote, du NO^3 Na par hectare, à des époques différentes, a obtenu des résultats très démonstratifs (10) :

DATE DE L'APPLICATION de l'engrais azoté	RENDEMENT en grammes	QUALITÉ du grain	MATIÈRES azotées %
14 novembre	9.4	tendre	8.6
1er décembre	10.6	»	9.3
16 décembre	21.0	»	10.4
1er janvier	19.9	vitreux	11.8
24 janvier	21.9	»	13.2
2 mars	13.1	»	15.2

Dans les conditions de l'expérience, il a obtenu le meilleur rendement en appliquant le nitrate de soude vers le 1er février; l'augmentation de la teneur en matières azotées est la plus grande pour l'application la plus tardive; ces résultats sont confirmés également par d'autres expérimentateurs (1), qui arrivent à nous donner encore quelques précisions utiles :

l'application des engrais azotés après la floraison du Blé n'aug-

TABLE

Expérience avec le Blé en b

POT		ENGRAIS				ÉPIAISON	MATURITÉ	NOMBRE D'ÉPIS	POID total
N°	Profondeur	Azote	Super	Scories	Potasse				
	1	2				3	4	5	6
2	50	0	0	0	0	27 avril	4 juin	7	11.5
3	»	+	+	0	+	pas épié	29 mai	12	38.2
4	»	+	0	+	+	pas épié	2 juin	14	39.3
2	75	0	0	0	0	26 avril	4 —	8	21.4
3	»	+	+	0	+	à peine épié	1 —	23	62.2
4	»	+	0	+	+	»	1 —	20	59.2
2	100	0	+	0	0	26 avril	5 —	15	35.4
3	»	0	+	0	+	27 —	4 —	12	28.8
4	»	+	+	0	0	29 —	1 —	27	78.9
5	»	0	0	0	0	25 —	6 —	16	50.6
6	»	0	0	+	0	28 —	5 —	10	22.8
7	»	0	0	+	+	29 —	5 —	12	30.8
8	»	+	0	+	0	30 —	1 —	12	58.7
9	»	0	0	0	0	29 —	6 —	11	27.8

Service Botanique, en 1928-29

OIDS grain	POT	NOMBRE de grains	POIDS de 1.000 grains	ASPECT du grain	AZOTE		Matières azotées	AZOTE dans le grain du pot
					% de grains secs	% de grain à 15 % d'humidité		
7	8		9	10	11	12	13	14
gr.			gr.					gr.
3.55	2	70	50.70	panaché	1.69	1.44	9.00	0.054
1.00	3	24	41.67	brun, ridé	3.84	3.26	20.34	0.035
2.75	4	63	43.65	brun, ridé	3.56	3.03	18.94	0.089
6.10	2	132	46.21	panaché	1.67	1.42	8.88	0.092
13.10	3	302	43.38	brun, ridé	2.17	1.84	11.50	0.257
15.30	4	354	43.22	brun, ridé	2.43	2.06	12.88	0.338
7.25	2	145	50.00	jaune	1.38	1.17	7.31	0.089
6.32	3	121	52 23	panaché	1.49	1.27	7.94	0.084
1.02	4	461	45.60	vitreux	1.93	1.64	10.25	0.365
3.85	5	302	45.86	panaché	1.51	1.28	8.00	0.177
6.25	6	120	52.80	peu vitreux	1.71	1.45	9.07	0.095
7.80	7	156	50.00	panaché	1.48	1.26	7.88	0.102
7.00	8	368	46.20	vitreux	2.08	1.77	11.07	0.319
8.15	9	152	53.62	panaché	1.48	1.26	7.88	0.107

mente pas le rendement et n'agit pas autant sur l'augmentation de la teneur en azote que celle faite au moment de la floraison;

l'action des engrais azotés est très faible dans les terres insuffisamment pourvues en humidité.

Dans les conditions de culture du Blé en Tunisie, il faut distinguer deux cas :

1° Si le Blé se place après la jachère, les engrais azotés ont une action très faible; elle est pratiquement nulle si l'application a lieu aux semailles; elle semble être la plus grande si l'application a lieu vers le 1er mars (11). L'efficacité des engrais dépend de la pluviométrie de l'année; si l'année est très pluvieuse, on peut faire une application même plus précoce, le 15 janvier; en année à hiver sec, l'application est superflue (voir le tableau plus loin : Influence des engrais sur les qualités boulangères);

2° Si le Blé suit une autre culture, la fertilité du champ est sensiblement diminuée. Certaines terres riches peuvent permettre l'obtention de quelques récoltes successives sans avoir recours aux engrais, mais les terres moyennement fertiles ou pauvres demandent l'application de ces derniers. L'emploi du superphosphate et des engrais potassiques devrait être plus indiqué dans ce cas que sur jachère, et les engrais azotés devraient trouver aussi une bonne utilisation. Avant tout résultat d'expériences (actuellement en cours), nous pouvons énoncer, à titre d'hypothèse, qu'une application de sulfate d'ammoniaque en automne serait utile, et même, si les pluies ont été très abondantes, qu'une deuxième application de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude, au printemps, pourrait se montrer avantageuse.

Pour bien nous rendre compte de l'action possible des engrais azotés dans les conditions réalisées en Tunisie, nous avons entrepris des expériences dont nous donnons ci-après les résultats.

III. Etude de l'influence des engrais au Service Botanique (1928-29)

1° *Expériences dans les bacs de 1 mètre de profondeur*

Les bacs, remplis depuis six ans de terre argilo-calcaire du Service Botanique, n'ont pas été utilisés l'année précédente et se trouvaient dans les conditions d'une jachère non travaillée. Ils ont reçu, avant le semis, 2 gr. 250 de superphosphate ou de scories et 1 gr. 230 de carbonate pur de potassium, quantités correspondantes à 60 k. $P^2 O^5$ et 120 k. $K^2 O$ par hectare (la surface des bacs étant de 24 cm × 24 cm); le semis de Mahon 11, qui est un Blé tardif, a été fait le 23 novembre, et le sulfate d'ammoniaque a été appliqué en couverture le 12 février à raison de 3 gr. 140 par bac, correspondant à 100 kg. d'azote par hectare.

Tous les résultats et observations sont réunis dans le tableau 1 pour en rendre la comparaison plus facile (*voir tableau I*).

Quoique l'examen du tableau permette d'apercevoir quelques irrégularités, les données obtenues présentent un tel intérêt qu'il serait dommage de ne pas en tirer l'enseignement qu'il comporte.

L'année a été pluvieuse jusqu'au mois d'avril, puis chaude et assez sèche. Nous avons enregistré :

Mois.....	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Pluie en mm.....	94	37	96	87	49	58	119	12	35	»	»
Moyenne 1901-25.....	25	42	58	45	65	51	46	36	20	9	2

A partir du 15 avril, les plantes souffrent beaucoup de la sécheresse. Les feuilles sont enroulées. L'épiaison est fortement gênée dans les bacs ayant reçu les engrais azotés et beaucoup moins dans les autres; résistent le mieux les bacs sans aucun engrais. Ainsi, *les engrais augmentent les dangers de l'échaudage*. La maturation, cependant, a lieu à une époque assez voisine. Il est curieux de remarquer que, dans les bacs 3 et 4 de 50 cm., toutes les feuilles ont été desséchées déjà le 6 mai; l'épi seul restait vivant et les glumes avec l'entre-nœud supérieur seules assuraient l'assimilation chlorophyllienne; les épis commencent à se dessécher le 11 mai.

Dans la terre en question, le tallage (voir colonne 5) est déterminé uniquement par la quantité d'azote mise en œuvre. Le tallage meilleur s'est traduit par l'augmentation de la récolte totale. *Le rendement en grain est sensiblement augmenté par l'azote, malgré l'échaudage causé*, si la terre est plus profonde que 50-60 cm.; dans les terres qui manquent de profondeur (ce serait le cas d'une couche de terre de 25-30 cm. reposant sur une croûte calcaire imperméable), les engrais azotés provoquent un échaudage tellement intense, que le rendement en grain est diminué.

L'intensité de l'échaudage peut être jugée d'après les données de la colonne 9. Le beau grain correspond à de faibles rendements. Chaque fois que le rendement est augmenté, le poids de 1.000 grains baisse.

Les engrais azotés donnent un grain vitreux; dans le cas de l'échaudage plus marqué, le grain devient brun et ridé.

L'engrais azoté a augmenté la teneur des grains en azote d'autant plus que l'échaudage est plus grand.

(Remarquons, en pasant, que la variété choisie présente un grain particulièrement pauvre en azote; sans engrais, nous obtenons 8 % de matières azotées dans le grain, ce qui est exceptionnel pour les blés du pays. D'ailleurs, cette variété, originaire de l'Afrique septentrionale, est délaissée à cause de sa tardivité et précisément de sa pauvreté en azote.)

Ainsi, cette expérience, faite dans les conditions où le sous-sol n'existe pas, montre que les engrais azotés (ou l'azote du sol s'il est abondant) augmentent le rendement, en même temps qu'ils accroissent les risques d'échaudage.

2° *Les expériences en pleine terre* non seulement confirment les

précédentes, mais présentent encore l'intérêt local (il faut toujours chercher à voir si les connaissances générales s'appliquent aux conditions spéciales de chaque pays), quant à l'action des engrais sur le rendement et la valeur boulangère de nos blés.

En général, ces résultats sont moins frappants que ceux des bacs : les doses d'engrais employées ont été plus faibles et les réserves en eau du sous-sol ont diminué l'effet de l'échaudage.

a) En 1928-29, l'expérience relatée par nous dans *les Annales du Service Botanique de Tunisie*, 1929, p. 149-154, a donné une certaine augmentation de rendement par les engrais azotés. Le grain contenait la quantité d'azote suivante (calculée pour l'humidité conventionnelle de 15 %) :

TABLEAU 2

FORME D'AZOTE ET DATE D'APPLICATION	AZOTE % DU GRAIN	MATIÈRES PROTÉIQUES %
Sans azote (témoin).....	15.18	9.49
Nitrate de soude 18 février.....	17.68	11.05
— — 6 avril.....	18.62	11.64
Sulfate d'ammoniaque 1er janvier.....	17.00	10.62
— — 1er février.....	16.32	10.20
— — 25 février.....	18.10	11.31
— — 15 mars.....	19.54	12.21
— — 5 avril.....	17.68	11.05

Ces résultats, obtenus avec la Richelle 110, sont en accord avec l'expérience déjà citée de GERICKE : le nitrate de soude a donné une augmentation de la teneur du grain en azote, qui est plus grande pour l'application du 6 avril, peu de jours avant l'épiaison. Le sulfate d'ammoniaque nous a donné des chiffres moins réguliers; mais ils répondent assez bien à la règle que l'application tardive de l'azote provoque l'enrichissement du grain en cet élément. La dernière application seule n'a pas agi comme il fallait s'y attendre; comme nous l'avons dit, cette application n'a pas été suivie de pluies.

Remarquons aussi que le rendement n'était amélioré par les 50 kg. d'azote par hectare que de 3-4 quintaux seulement, parce que le Blé a été fait après la jachère, qui est déjà bien pourvue en azote.

b) En 1929-30, deux séries d'expériences ont été faites sur de la terre de même nature. La série I comprenait 7 formules à 5 répétitions sur des parcelles de 5^{m2}; les formules employées ont été les suivantes :

FORMULE	ÉPOQUE D'APPLICATION DE L'ENGRAIS AZOTÉ	Superphosphate	SO^4K^2	AZOTE
Témoin :		+	+	0
Azote amoniacal...	20 janvier (a^1)	+	+	+
— — ...	21 février (a^2)	+	+	+
— — ...	19 mars (a^3)	+	+	+
Azote nitrique.....	17 février (n^1)	+	+	+
— —	10 mars (n^2)	+	+	+
— —	15 avril (n^3)	+	+	+

Le superphosphate et le sulfate de potasse ont été incorporés au semis; les engrais azotés, à l'époque indiquée dans le tableau. La quantité employée, rapportée à l'hectare, a été de :

Engrais azotés.....	25 kgs. d'azote.
Sulfate de potasse.....	80 kgs.
Superphosphate	300 kgs.

La série II comportait également 7 formules à 5 répétitions sur des parcelles de 5^{m2} :

FORMULE	ÉPOQUE d'application de l'engrais azoté	AZOTE	P^2O^5	K^2O	Mgo
Rien	le 5 mars	0	0	0	0
Sans azote		0	+	+	0
Sans P^2O^5		+	0	+	0
Sans K^2O		+	+	0	0
Tout		+	+	+	0
Tout + MgO.....		+	+	+	+
Engrais organiques		+	+	+	+

Les engrais ont été incorporés au semis. Les quantités d'engrais rapportées à l'hectare ont été les mêmes. Le Florence 135 du Service Botanique de Tunisie est semé le 15 novembre, suivant ainsi une autre céréale (orge-fourrage en 1928-29).

L'année a été tout à fait particulière au point de vue de la répartition des pluies et de leur quantité :

Mois 1930-31.....	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Pluie en $^m/^m$.....	1	25	22	50	56	38	81	53	53	19	10	14

L'automne fut relativement sec, le temps beau: les solutions du sol se maintenaient très concentrées en hiver; la récolte était compromise, mais les pluies de février, mars et avril, surtout les dernières, supérieures à la moyenne de vingt-cinq ans, ont sauvé la situation.

TABLEAU 3

Influence des engrais sur la valeur boulangère du Florence 135
(Service Botanique, 1929-30)

FORMULE	POIDS de 1.000 grains	DANS LA FARINE à 15 % d'humidité		GLUTEN			EXTENSIMÈTRE		
		Azote %	Mat. azot. %	Gluten sec	Eau d'hydratation	Observations	P	G	W
Témoin	44.15	1.48	9.25	10.73	67.54	a. filant	59.7	19.3	107
a^1	42.37	1.55	9.68	11.29	67.04	—	64.2	20.2	134.6
a^2	45.18	1.56	9.78	11.51	67.51	un peu filant	59.2	21.5	132.4
a^3	45.18	1.62	10.09	11.76	68.11	—	59.0	21.6	131·5
n^1	44.51	1.53	9.56	11.24	67.25	—	62.5	22.0	140.4
n^2	45.85	1.67	10.44	12.68	67.35	a. filant	55.5	21.1	116.6
n^3	44.75	1.54	9.63	11.03	67.54	—	44.5	20.4	84.4
Rien	»	1.51	9.44	11.17	67.72	filant	61.5	19.2	114.3
Sans azote	»	1.50	9.38	11.19	66.78	—	56.6	19.5	105.1
Sans P	»	1.70	10.63	12.26	68.35	a. filant	67.3	20.1	135.4
Sans K	»	1.68	15.50	13.61	66.23	a. court	54.3	20.2	110.8
Tout	»	1.65	10.31	12.49	67.69	filant	66.7	21.0	135.2
Tout + Mg	»	1.66	10.37	12.50	67.44	un peu filant	64.3	19.0	120.4
Engr. organ.	»	1.53	9.56	11.12	66.22	—	71.3	18.0	127.6

Cependant, les concentrations élevées du sol ont déterminé l'action à peu près nulle des engrais.

La récolte moyenne du champ d'expériences tout entier fut de 19 quintaux de grain.

Les dosages de l'azote, faits en triple, nous ont donné les résultats réunis dans le tableau 3. Le dosage du gluten et de son eau d'hydratation est exécuté par la méthode Arpin. La valeur boulangère des farines est déterminée par l'extensimètre de Chopin permettant la mesure exacte des qualités mécaniques de la pâte (*voir tableau 3*).

Les chiffres obtenus sont assez concordants.

L'échaudage ne s'est pas manifesté, puisque le poids de 1.000 grains reste à peu près constant. Dans un sol en place, les résultats sont autres que dans les bacs, à cause de l'eau puisée par la récolte dans le sous-sol.

Les engrais azotés n'ont pas pu relever le rendement, à cause des conditions pluviométriques déjà indiquées. Mais ils ont augmenté considérablement la teneur de la farine en azote.

Les qualités boulangères sont améliorées par les engrais azotés et par la potasse. Le sulfate d'ammoniaque a agi plus régulièrement que le nitrate de soude; ce dernier, appliqué tard, se montre même préjudiciable. L'application tardive rend la pâte moins forte, plus facile à étirer, comme l'indiquent les P du tableau. Le P est influencé favorablement par la potasse et est *diminué par les engrais phosphatés*. L'abondance de phosphore favorise probablement la formation des nucléines, sans doute différentes des matières azotées élastiques du Blé.

Les données du tableau 3 sont en très bonne concordance avec celles de E. Mièg (22, p. 10), obtenues avec un instrument différent, le Comparator, qui est une sorte d'extensimètre pour le gluten isolé.

IV. Quelques mots sur les propriétés spécifiques et héréditaires de la variété

Déjà, en 1865, Lyaskovsky attribuait la teneur inégale d'azote dans les grains de blé à trois groupes de causes : 1) climat; 2) fumure; 3) variété de Blé. Ses idées, pendant longtemps, n'ont pas été considérées comme exactes, parce qu'un grand nombre de chercheurs trouvaient des chiffres comparables pour des variétés très différentes. Si les conditions climatériques influent considérablement sur la teneur du Blé en azote, cela n'exclut pas que la variété de Blé ait également son influence. Et l'opinion de ceux qui considèrent l'influence de la variété comme étant très faible doit être expliquée par le hasard qui a mis entre leurs mains des Blés ayant un chimisme comparable.

Nous réunirons ici les constatations de ceux qui attribuent les teneurs inégales en azote au chimisme héréditaire des variétés.

G. Williams (2) a trouvé, parmi les 43 variétés qu'il suivit pendant

quatre ans, deux qui s'écartent régulièrement de la moyenne, l'une en plus et l'autre en moins :

	1901	1902	1903	1904	Moyenne
Dawson's golden Chaff.	14.15	11.37	8.57	12.25	11.58
Moyenne des 43.....	16.07	12.61	9.57	13.53	12.94
Lehigh.....	18.02	14.24	10.68	14.68	14.25

Melikov (13), Tretyakov, Mychkovska (14) en Russie; Mangels aux Etats-Unis (8).

Le Clerk (15), Stewart et Greaves (16), Roberts (17) sont d'avis que la sélection doit viser l'obtention des Blés à grand rendement et ayant une haute teneur en protéine.

Thomas (18), Sholl enberger et Clarc (19) cherchent à établir la teneur en protéine des variétés commerciales mêmes.

On a trouvé (Gericke) (20) que la capacité d'enrichir le grain en azote sous l'influence des engrais azotés appliqués au printemps est aussi un caractère héréditaire, et que les variétés ayant cette capacité sont précisément les variétés à grand rendement.

Coloman Konopi (21) trouve qu'il est plus facile et plus logique de chercher les variétés riches en azote que de chercher à modifier le sol ou le climat.

Quant à la Tunisie, les études antérieures (23) des Blés tunisiens montrent une assez grande différence entre les variétés. Une étude plus récente (24) et basée d'une part sur les observations pendant la végétation des blés dans les champs d'expériences (pour apprécier le degré d'adaptation de ces Blés aux conditions climatériques et de sol) et, d'autre part, sur les données obtenues à l'extensimètre Chopin, a permis l'obtention de variétés nouvelles qui sont plus productives et de meilleure valeur boulangère que les variétés anciennement cultivées.

Le progrès réalisé, qu'on peut saisir très aisément en prenant le Mahon pour le standard de comparaison (puisque c'est le seul blé tendre originaire du pays), est très considérable: il est la meilleure preuve que les caractères spécifiques de la variété ont une très grande influence sur la teneur du Blé en matières azotées et sur la qualité de ces dernières.

V. Conclusion

Cette brève étude de l'influence des facteurs physico-chimiques sur la teneur du Blé en matières protéiques fait ressortir que si le Blé garde toujours une tendance à fournir le grain de composition identique à la semence originaire, sa composition peut tout de même varier dans d'assez larges limites.

Pour pouvoir bien juger de la capacité des variétés à donner un grain riche en matières azotées, il est nécessaire de les cultiver sur

un sol profond (pour diminuer les effets de l'échaudage), non fumé (pour éviter l'inégalité dans l'épandage des engrais), en les comparant à une variété standard; les modifications de la composition des blés dues aux particularités de l'année météorologique se produiraient parallèlement, et resteraient comparables. Comme il n'est pas impossible que certaines variétés puissent modifier leur composition dans des limites plus larges que d'autres, il est à souhaiter que ces essais puissent durer plusieurs années successives.

BIBLIOGRAPHIE

(1) C. H. Bailey : The Chemistry of Wheat flour. Book Department, The Chemical Catalog Company, Inc. New-York, 1925.

(2) N. N. Ivanov : Bull. of Applied botany, of genetics and plant-breeding, v. XXI, 1928-29, Leningrad, p. 47-320.

(3) Deherain et C. Dupont : Sur l'origine de l'amidon du grain de blé. Ann. Agr. 28. 522. 1902.

(4) J. H. Jones and C. Colver : Dry-farmed and irrigated wheat. Ida. Agr. Exp. Sta. Bull. 88 p. 20. 1916.

(5) Pierre : Mémoires Soc. Linnéenne de Normandie, XV. 1.220 (1869).

(6) Bailey : l. c., pp. 44-45.

(7) André : Chimie végétale, I. p. 154.

(8) C. E. Mangels : Protein Content of North Dakota wheat. Agr. Exp. Sta. Bull. 191. 1925.

(9) Bull. de l'Assoc. Internation. des Sélectionneurs des plantes de grande culture. oct. 1929.

(10) Bailey : p. 79.

(11) L. Yankovitch : Culture Blé-Jachère et emploi des engrais azotés. La Tunisie Agricole, 1, 1930.

(12) G. G. Williams : Experiments with winter wheat. Bull. 165 Ohio Agr. Exp. Sta. 1905.

(13) P. Melikov : Etude du blé de Russie du Sud. Journal opytnoï Agr. 1900, t. 1, pp. 256 et 457.

(14) E. Mychkovska : Izv. Amurskoï obl., S-H. op. st., p. 39 1924.

(15) Le Clerk : Yearbook of Un. St. Dep. of Agr. 1906, pp. 198-212.

(16) Stewart and Greaves : Utah. Exp. Stat. Bull. 103, 1908.

(17) H. F. Roberts : Journ. of Agr. Scien. X. 1920, 121-34.

(18) Thomas : U. S. Dép. Agr. Bull. 557. 1917.

(19) Sholtenberger and Clark : id., 1183. 1924.

(20) W. F. Gericke : Journ. of Agr. Research. 35. 133. 1927.

(21) C. Konopi : Bull. de l'Assoc. Internat. des Sélectionneurs des plantes de grande culture. oct. 1929.

(22) Miege : Influence de la fumure sur la valeur boulangère des Blés. Impr. H. Blanc et G. Gauthier, Rabat (Maroc).

(23) F. Bœuf : Valeur meunière et boulangère des Blés. Annales du Service Botanique de Tunisie 1928, T. V, fasc. 1, p. 54.

(24) F. Bœuf, M. Matweeff et J. Séguéla : C. R. Ac. Agr. 1931, pp. 108-129.

L. GUILLOCHON

Etude d'Arboriculture Fruitière

LES ARBRES A FRUITS A NOYAU[1]

L'ABRICOTIER — Prunus Armeniaca, L. — *Armeniaca vulgaris*, Lam.

Cet arbre a la Chine comme origine; les Chinois, écrit DE CANDOLLE (1), le connaissaient deux ou trois mille ans avant l'ère chrétienne.

Sa culture s'est répandue par le transport des fruits et le semis des noyaux, mais lentement, du Nord-Est de l'Inde à l'Ouest et vers la Grèce, l'Italie et l'Arménie.

Contrairement à ce que son nom spécifique pourrait faire supposer, l'Arménie ne doit donc pas être considérée comme la contrée d'origine de l'Abricotier, mais seulement comme étant celle d'un pays où sa culture est importante.

Les variétés arméniennes d'abricots avaient, en effet, il y a quelques années encore, une réputation de bon aloi auprès des industriels sécheurs et des confituriers.

Cultivé en plein vent, non soumis à une taille à symétrie bi-latérale, l'Abricotier est un arbre qui atteint environ trois à cinq mètres de hauteur, à branches horizontales pour celles de la base, érigées pour celles de l'extrémité, qui constituent dans l'ensemble un arbre à cime arrondie.

Les feuilles sont elliptiques dans certaines variétés, arrondies pour d'autres, et le semis donne des arbres qui souvent portent des feuilles ayant l'une ou l'autre de ces deux formes sur le même sujet. Les unes comme les autres sont acuminées et dentées plus ou moins régulièrement.

Les fleurs, solitaires ou géminées, apparaissent, avant les feuilles, sur les rameaux, qui prennent naissance directement sur les branches charpentières. Elles sont blanches ou rose pâle suivant les variétés, souvent dichogames; c'est-à-dire que, dans la plupart des variétés, l'ouverture du sac pollinique s'effectue avant que le stigmate ne soit arrivé à maturité. Il en résulte que l'auto-pollinisation est

(1) La liste des variétés correspondant aux espèces traitées dans cette étude a été donnée dans les « Annales du Service Botanique ». Tome II.

(2) *L'origine des plantes cultivées* (DE CANDOLLE).

impossible, et que la fécondation ne peut avoir lieu que, plus tard, par le pollen d'une autre fleur d'une variété à floraison plus tardive.

Il faut voir là l'une des causes, sinon la principale, de l'infertilité de plusieurs variétés d'Abricotiers, et la nécessité de planter, s'avoisinant, plusieurs variétés dans le même verger.

Le fruits est globuleux, ovoïde pour certaines variétés, à peau veloutée, jaune ou jaune orangé, plus ou moins rougeâtre sur la partie insolée.

La chair (mésocarpe) est, suivant les variétés, adhérente ou non au noyau et de couleur jaune clair ou orangé.

Le noyau est lisse et à sutures saillantes; l'une obtuse, l'autre carénée. L'amande est douce ou amère.

Régions de culture. — Tenant compte de la précocité de sa floraison, il est imprudent d'éloigner les cultures d'Abricotier des régions littoraliennes, où la température reste moyenne sans écarts trop accentués.

Il faut, néanmoins, abriter les arbres des embruns de la mer, qui humidifient le pollen et, par leur violence, souvent, font détacher les fleurs avant que la fécondation ne soit opérée.

Les vents secs de printemps en desséchant la cellule pollinique ont le même inconvénient dans les régions plus continentales.

L'Abricotier doit donc être abrité par des rideaux d'arbres disposés à une certaine distance, au moins 10 mètres, de la ligne d'arbres avoisinante.

Les variétés indigènes issues de semis « Mechmech » ont une fertilité plus grande et leurs fleurs accusent moins de sensibilité aux agents atmosphériques. Malheureusement, ces variétés ne paraissent pas être prisées par les industriels, ce qu'ont paru confirmer les échanges de vues qui ont eu lieu entre les arboriculteurs du Maroc, pendant la « Journée de l'arbre fruitier » à Rabat, en Avril 1928; au cours de laquelle M. Brayard a dit «.....Au séchage, la plupart « des variétés françaises ont donné 1 kg. de séchons pour 5 kg. de « fruits frais. Les échantillons envoyés ont été cotés 10 francs le kg. « Des fruits séchés de « Mechmech » ne furent pas trouvés intéressants; ils ne furent même pas appréciées pour faire de la confiture.»

M. Bey-Rozet (même journée) estime que « les variétés françaises « d'Abricotiers doivent être importées, mais qu'elles doivent s'accoutumer à un climat totalement différent de celui de France et « que lorsqu'elles sont « accoutumées » elles végètent normalement « et sont alors plus aptes à fournir des greffons d'où sortiront des « arbres de grande végétation et à grande production. »

L'on reconnaît généralement que le temps qui s'écoule entre la plantation et la fructification d'une variété d'Abricotier d'origine française est d'environ six à dix années dans le Nord de l'Afrique.

Quant à l'accoutumance indiquée par M. Bey-Rozet nous ne l'avons pas constatée. — Depuis 1892, année de l'introduction au Jardin d'essai de Tunis des premières variétés françaises d'Abricotiers importées, propagées depuis par voie de greffage, nous n'avons pas

observé une amélioration dans la production des sujets ainsi multipliés, en comparaison avec celle obtenue les premières années.

Caractéristiques de végétation. — Quel que soit le sujet utilisé, ce dernier ne paraît pas avoir d'influence visible sur le développement de la variété greffée.

Greffé ou non, soumis ou non à l'irrigation, le jeune arbre a une vigoureuse végétation au cours des premières années. — Ce n'est qu'à partir de la troisième que les branches charpentières se déterminent tout d'abord en plusieurs rameaux vigoureux qui atteignent souvent, en une seule période de végétation, un mètre et plus de longueur.

C'est à la base de ces branches que se développent les ramilles porteuses, chaque année au printemps, de fleurs qui, pendant plusieurs années, tombent sans avoir été fécondées.

Plus tard, et sur ces mêmes branches, apparaissent les bouquets (comparables au « bouquet de Mai » du Pêcher), agglomération de boutons floraux qui se déterminent à l'extrémité d'une courte branchette lignifiée.

Ce sont les meilleures productions fruitières, celles qui donnent ensuite, et régulièrement, les fruits les plus beaux.

Il ne faut donc espérer de l'Abricotier, même abrité et planté dans les meilleures conditions de milieu aérien, une première et normale fructification que cinq ou six ans après la plantation. L'on reconnaît, en Algérie comme en Tunisie, que certaines variétés, A. Luizet par exemple, ne fructifient pas normalement avant la dixième année.

Souvent, aussi, certains propriétaires reculent encore la mise à fruit de leurs arbres par des arrosages intempestifs et à contre-saison.

Taille. — Plus encore que les autres espèces d'arbres à fruits à noyau, l'Abricotier est sensible à des tailles trop importantes, particulièrement lorsqu'elles sont pratiquées sur des arbres âgés.

Ces dernières déterminent un déséquilibre brusque entre les capacités fonctionnelles du système aérien d'évaporation et celles du système radiculaire d'absorption devenu trop important.

Ce déséquilibre est susceptible de provoquer d'importants écoulements de gomme, d'où un affaiblissement des sujets soumis à une taille trop sévère.

L'arboriculteur devra se contenter, chaque année, au printemps, après le début de la végétation, de supprimer les brindilles desséchées, les extrémités atteintes par le *Monilia* et de tailler partiellement les branches charpentières trop vigoureuses dans le but de maintenir l'équilibre de la végétation des arbres, en tenant compte de leur état individuel de vigueur.

En résumé, tailler modérément chaque année après la floraison, équilibrer la végétation par des pincements en été, pratiqués sur les branches secondes charpentières, comme sur les productions fruitières, et, en cas de formation de branches gourmandes faciles à recon-

naître par leur puissant développement, les supprimer, en vert, dès le début de leur formation.

Soins généraux de culture. — Dans beaucoup de cas, l'on a cru devoir associer l'Abricotier à l'Amandier au point de vue cultural; c'est-à-dire pouvant se développer dans les mêmes conditions de milieu, dans les mêmes régions et sans le secours de l'irrigation.

Il est évident qu'en raison même de sa puissante végétation (greffé ou non, variété indigène ou variété introduite) l'Abricotier peut voisiner avec l'Amandier.

A partir du moment où il fructifie, il devient intéressant d'obtenir des fruits d'une grosseur suffisante pour qu'ils soient achetés par l'industriel sécheur, car trop peu développés ils ne trouvent plus preneur qu'à des prix qui ne couvrent pas les frais de culture, et auprès du confiturier qui, lui, n'a pas à envisager la beauté de la marchandise, mais son état.

Pour la vente, à un prix rémunérateur, comme fruit de table, l'abricot devra être gros, coloré et sain.

Le cultivateur n'obtiendra la grosseur indispensable qu'en soumettant ses arbres à une irrigation rationnellement comprise, pas abondante, mais donnée à point, lorsque les fruits sont en période de développement.

Les apports d'engrais organiques tous les deux ou trois ans, et d'engrais potassiques (sulfate de potasse) en alternance l'année qui suit celle de la fumure entretiendront les arbres en bon état de végétation et de fructification, au cours des années de production.

Ainsi le cultivateur reculera l'époque de décrépitude de ses arbres qui a pour cause principale l'appauvrissement successif du milieu souterrain dans lequel les racines se développent.

Récolte. — Le cultivateur n'apporte généralement pas à la cueillette d'un fruit délicat comme l'est l'Abricot tous les soins indispensables.

Nous rappellerons la nécessité de prendre le fruit à pleine main sans qu'il y ait pression de l'extrémité des doigts et, si le fruit est suffisamment mûr, un léger mouvement giratoire doit le détacher de la branche qui le porte.

Aussitôt après, il doit être placé dans un panier recouvert intérieurement d'une toile.

La récolte ne doit porter chaque matin que sur les fruits susceptibles d'être utilisés, en tenant compte de leur emploi ultérieur.

Pour le séchage, le dénoyautage devant précéder la mise au soleil ou à l'étuve, le fruit doit être cueilli suffisamment coloré, mais encore légèrement ferme.

Pour la vente en frais, le fruit devra être mûr, mais sans excès afin de supporter le transport de la propriété au lieu de vente.

Quant à la confiturerie, elle accepte l'Abricot mûr, mais sain, qui est traité dès l'arrivée à l'usine en vue de sa transformation en confiture ou en pâtes.

La Californie cultive pour l'industrie les variétés suivantes d'Abricotier : *Royal*, qui à elle seule occupe les 3/4 des surfaces complantées; *Blenheim*, *Newcastle*, qui produit de gros fruits, et *A. pêche*. — Cette dernière variété est cultivée dans la vallée du Sacramento.

Ces variétés sont à l'état de jeunes greffes au Service Botanique, qui les a reçues de Californie par l'intermédiaire de M. le Professeur Hodgson.

Commerce. — La vente de l'Abricot n'est établie en Tunisie que par les apports sur les marchés locaux. Tout est à faire pour le transport en vue de l'exportation, et pour cela l'on peut envisager l'expédition du produit en frais avec tous les aléas qu'elle comporte; ou mieux celle de la transformation sur place et l'envoi en France ou à l'Etranger sur les lieux de consommation.

Cette exportation est possible sur la France en franchise de droits et pour des quantités illimitées, grâce à la loi du 30 Mars 1928, mise en vigueur en Tunisie par le décret du 24 juillet de la même année.

Pour la confection des « pâtes » dites de Clermont, la variété préférée est celle dénommée *A. commun gros blanc*, dit « *Abricot du Puy-de-Dôme* ».

Quant aux fruits frais, les premiers arrivages venant d'Algérie sont notés aux Halles de Paris, au début de juin, comme concurrencés, à cette même époque, par les envois de l'Espagne.

Emballages à adopter pour l'exportation. — Selon l'importance de l'expédition et principalement de l'époque, en primeur ou demi-primeur, les emballages employés sont différents.

En primeur, l'expédition est faite en caissettes ou en cagettes capitonnées intérieurement de frisures de bois ou mieux de papier, les fruits étant ainsi bien isolés et immobilisés les uns par rapport aux autres. — Le tonnage devenant ensuite plus important, l'on utilise le panier rectangulaire de 8 à 10 kilogrammes de fruits, et il est recommandé, les fruits immobilisés comme il vient d'être indiqué, de les placer de manière à ce que ceux de la partie supérieure étant inclinés sur leur pédoncule, la partie colorée soit bien visible.

Il est évident que cette présentation particulière, susceptible de flatter l'acheteur, doit être représentative de la même qualité du produit pour l'ensemble du colis.

Standardisation

A ce sujet, il ne nous paraît pas inutile de dire quelques mots de ce que l'on entend par « standardisation ». M. Verlot, représentant commercial, en Angleterre, des Chemins de fer d'Orléans et du Midi, la définit ainsi : « La standardisation, c'est la science dont le but est la recherche de toutes les simplifications susceptibles de diminuer le prix de revient du travail et de ne mettre sur le marché de consommation que des produits constamment identiques à eux-mêmes, en qualité intrinsèque et en présentation générale.

« Les principes généraux de la standardisation sont donc : 1° Stan-

dardisation de la production; 2° Standardisation du produit et de sa présentation; 3° Standardisation des appellations de qualité. »

Par standardisation de la production, il faut entendre la limite des variétés cultivées dans chaque verger, chez chaque propriétaire, en éliminant celles qui ne sont pas jugées commerciales pour une utilisation déterminée : vente des fruits frais; vente à l'industriel.

La standardisation du produit est l'établissement des règles auxquelles celui-ci doit obéir pour répondre aux exigences des marchés de consommation; ces exigences étant différentes selon le pays consommateur envisagé.

Enfin, la standardisation des appellations de qualité, qui correspondent à une pratique sévère du triage par catégories sous le nom de « choix extra » et de « choix » de première et de deuxième qualité.

Ces catégories sont les mêmes par régions et par genres de fruits exportés.

Cette discipline est à l'origine de l'adoption par le Congrès de la standardisation (1930) des emballages appliqués à des types définis de produits, soit : le genre billot; le genre plateau; le genre cagette; le genre sac.

Le fructiculteur devra donc produire des fruits sains, de variétés correspondant aux désirs des marchés de consommation, et se plier aux standards de qualité, d'emballage et d'appellation. — En résumé, pour chaque région de production, créer une « marque » régionale sous le couvert de laquelle pourront être expédiées les productions des cultivateurs de cette région.

La « marque » d'exportation doit être considérée comme une marque servant, dans ce cas, à distinguer les produits d'une même région. — Elle devra être la garantie même du produit emballé; il est donc indispensable que ce dernier soit de choix, sain et scrupuleusement trié.

Cette « marque » est établie sous forme de vignettes collées sur les emballages.

Enfin, une « marque » d'Etat, dite « Marque nationale », a été adoptée par l'Italie d'abord, par l'Espagne ensuite, et définie par le Ministère économique de chacun de ces pays. Tout produit fruitier, par catégories de fruits, qui ne correspond pas aux « standards » déterminés par une loi spéciale ne peut être exporté.

C'est l'adaptation à ces deux pays d'Europe de la législation californienne qui a fait la fortune du commerce d'exportation des produits du sol, de la Californie ainsi que de la Floride.

AMANDIER — Amygdales communis, L. — *Prunus spécies*, Baillon — *Prunus Amygdalus*, Stokes

Dans un travail récent (1), M. Bois indique les parties chaudes et sèches de la région méditerranéenne et de l'Asie orientale comme

(1) *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges.* — D. Bois (1928).

étant les régions où l'on rencontre l'Amandier croissant à l'état subspontané ou à l'état sauvage; avec toutefois cette restriction que « ..... les noyaux échappés des cultures propageant facilement l'espèce, la patrie d'origine ancienne de l'Amandier est difficile à établir. »

Ce même auteur ajoute que « ..... le peu d'ancienneté de l'espèce chez les Romains et l'absence de culture en Sardaigne et en Europe, font douter de l'indigénat sur la côte septentrionale d'Afrique et en Sicile de l'Amandier ».

Cet arbre peut atteindre 10 mètres de hauteur; développement que l'on ne constate pas dans les cultures en raison même de la taille à laquelle, périodiquement, sont soumis les sujets.

Sa cime est arrondie; ses feuilles sont plus ou moins oblongues et dentées selon les variétés, nombreuses, issues de semis, dont certains, bien fixés, diffèrent très sensiblement entre eux quant à leur feuillage.

Les fleurs sont blanches, et plus ou moins rosées selon les variétés.

L'on remarque une différence sensible de coloration des fleurs entre celles des types amers, qui sont plus foncées, et celles des types à amandes douces, qui sont plus claires.

Un botaniste, SERINGE, a élevé le premier de ces types au rang d'espèce sous le nom de *Amygdalus amara*.

La floraison de l'Amandier est précoce, et se détermine certaines années au cours de l'hiver (fin janvier-février), lorsqu'il survient à cette époque une série de journées à température élevée. — L'on remarque que cette hâtiveté de floraison est particulière aux arbres non greffés à fruits amers comme à fruits doux à coque dure, et aussi, mais plus exceptionnellement, avec variétés à coque tendre.

Souvent succèdent ensuite des journées froides et pluvieuses qui empêchent la fécondation, font tomber les fleurs prématurément et annihilent la récolte.

Les variétés dites « de table », à amande douce, se différencient des variétés à fruits amers par leurs fleurs plus petites et par leur noyau plus obtus.

Dans cette catégorie il y a lieu de distinguer deux types. — Les variétés à coque tendre, qui sont les plus éloignées de l'espèce d'origine, et celles à coque dure, qui en sont plus rapprochées.

Ces dernières sont d'une fructification plus régulière, leur pollinisation est meilleure et, par conséquent, d'un rendement plus élevé que les variétés à coque tendre. — Les sujets sont aussi moins délicats.

Quelles que soient ses caractéristiques de végétation aérienne, l'Amandier non greffé, qu'il soit à fruits amers ou doux, à coque tendre ou dure, a une puissance d'enracinement remarquable.

C'est cette qualité qui le rend cultivable dans les sols de nature souvent pauvre en éléments fertilisants, ainsi que dans des régions à pluviométrie moyenne ou basse et à température élevée l'été.

Dans ces conditions de milieu, l'Amandier végète très tôt au prin-

temps en utilisant au cours du début de sa végétation feuillue l'eau emmagasinée dans le sol en hiver.

Dès les premières élévations de la température, la capacité fonctionnelle d'évaporation des arbres est supérieure à la capacité fonctionnelle d'absorption. L'équilibre se rétablit par la chute prématurée d'une partie du feuillage et les fruits finissent de mûrir alors que les feuilles n'existent plus qu'à l'extrémité des branches charpentières, primaires et secondaires des arbres.

La maturité se termine par l'utilisation des matières de réserve hydro-carbonées, accumulées dans les tissus des rameaux qui portent les fruits.

Régions de culture. — Etant connues ces modalités d'adaptation à un milieu sec, ainsi que la sensibilité des fleurs facilement détachées par les grands vents ou avortant à la suite de brouillards matinaux qui humidifient le pollen et empêchent la fécondation, l'Amandier est, en Tunisie, planté dans les régions du Centre où il tombe en moyenne 250 à 350 millimètres d'eau en 40 ou 60 jours et où la température s'élève, au cours des mois d'été, jusqu'à 45 degrés centigrades.

De cette constatation, il ne faut pas tirer la conclusion que l'Amandier ne se plaît pas mieux dans certaines régions septentrionales, elle indique seulement que c'est une espèce à enracinement profond pivotant même lorsque les sujets sont issus de semis faits en place.

Caractéristiques de végétation. — Comme l'Abricotier, l'Amandier a une vigoureuse végétation au cours des premières années et la floraison se détermine dès la seconde après le semis ou le greffage, les fleurs étant portées par des brindilles souvent grêles, ou par des productions fruitières très courtes qui prennent naissance sur les branches de charpente.

Dans des conditions de milieu favorables, la fructification est régulière chaque année, plus ou moins abondante selon les conditions atmosphériques du printemps, lors de la floraison, et le développement, certaines années, de maladies cryptogamiques ou la propagation d'insectes.

L'on reconnaît que les races issues de semis, mieux adaptées, sont plus vigoureuses et ont une fructification plus régulière en comparaison avec les variétés qui ont été greffées.

Le choix des variétés à multiplier par voie de semis dans le but d'obtenir des sujets à plus grand rendement est une étude à longue échéance.

Taille. — Dès le jeune âge de l'arbre, la taille doit être limitée à la formation du sujet. L'on se bornera à la conservation de trois ou quatre branches charpentières qui, d'elles-mêmes, se déterminent dès la seconde ou la troisième année après le greffage ou le semis, selon la région, le terrain, les soins culturaux donnés.

Sur ces branches de charpente prennent naissance des branches secondaires qui se disposent sur un plan oblique, horizontal, même

pour certaines. Ce sont elles qui portent les brindilles, rameaux grêles, sur lesquels les fleurs se détermineront chaque année, tenant compte que la fraction de rameau qui a fructifié ne fructifie plus les années suivantes. — C'est ce que nous avons appelé (1) les productions fruitières à accroissement longitudinal, par opposition à celles des arbres à fruits à pépins, qui sont à accroissement diamétral.

Après celle de formation, la taille annuelle se trouve limitée, chaque année, au début de la végétation feuillue, à l'enlèvement du bois sec, à la suppression des brancheltes fruitières qui sont desséchées et à l'éclaircissage méthodique de la tête de l'arbre par la coupe des branches, nombreuses certaines années à grosse pluviométrie, qui ont pris naissance à l'intérieur de la cime, directement sur les branches charpentières, primaires et secondaires; enfin, à la suppression des branches gourmandes.

Soins généraux de culture. — L'on peut dire que pour l'Amandier les travaux du sol conditionnent le développement des arbres, et que c'est par des labours faits aussi souvent qu'il est possible en hiver et par de nombreux binages en été que l'on empêchera l'envahissement du terrain par les herbes adventices et que l'on maintiendra l'humidité du sous-sol à la disposition des racines.

Doit-on irriguer ? — Nous répondrons que, comme pour beaucoup d'autres arbres (l'Olivier par exemple) réputés comme croissant sans eau amenée artificiellement, ce qui est exact, l'irrigation est payante; mais il faut savoir la régler de façon à l'appliquer économiquement, à bon escient, et sans excès afin d'éviter le pourridié, qui est pour cet arbre une maladie cryptogamique grave des racines qui peut annihiler une plantation en quelques années.

L'apport d'eau devra être compris comme suit : Une première irrigation en juin, lorsque les fruits sont formés et en voie de développement; une seconde en août, que nous estimons la plus utile, car elle permet une accumulation plus importante des réserves hydrocarbonées dans les rameaux qui seront fructifères au printemps suivant.

Car c'est de l'importance de ces réserves dans les rameaux fruitiers que dépendra la bonne tenue des fruits l'année suivante. — L'on sait que la chute prématurée des fruits dès après la fécondation est due à un manque de réserves. Dans le cas des Rosacées, comme pour tous les végétaux qui fleurissent avant de feuiller, ces substances de réserves sont utilisées, dès le premier printemps, au développement précoce des bourgeons floraux qui apparaissent, pour l'Amandier particulièrement, avant les feuilles, lesquelles sont de puissants organes d'élaboration des matières hydrocarbonées, azotées et minérales, pour les fruits.

M. Bey-Rozet (2), du Maroc, conseille pour l'Amandier, dans les

(1) *Annales du Service Botanique*, Tome V, fasc. 1. — (Enseignements à tirer des publications étrangères sur l'Arboriculture fruitière ». — L. Guillochon (Commentaires de l'auteur).

(2) *L'Amandier* (Bey-Rozet). — Communication présentée au Congrès de l'Arbre fruitier, à Alger, en 1931.

sols où cet arbre est habituellement planté, la fumure suivante à partir de la septième année répétée ensuite tous les trois ou quatre ans : 50 kg. de fumier de ferme; 1 kg. 600 de superphosphate; 0 kg. 500 de sulfate d'ammoniaque et 0 gr. 500 de sulfate de potasse; et il ajoute : « Si le sol est pauvre en chaux, des apports de ces éléments seront d'un puissant effet sur la production. »

L'incorporation de cette fumure devra être faite en janvier dans les régions septentrionales; en décembre dans les régions du Centre et du Sud.

Récolte. — Selon les variétés, la récolte est faite avant la maturité complète de l'amande (récolte en vert) ou lorsque la maturité est terminée (récolte en sec).

Dans le premier cas, le moment de la récolte est subordonné à l'état de l'amande qui, de laiteuse, est devenue suffisamment charnue pour être consommée.

Seules les variétés douces sont récoltées en cet état et, commercialement, présentées à la vente en gros sous la dénomination d'amandes fraîches.

Pour un plus grand nombre de variétés, la récolte en est faite lorsque l'amandon est complètement mûr, l'amande ligneuse, le péricarpe sec et détaché.

A cet état les fruits tombent naturellement de l'arbre ou leur chute est provoquée à coups de gaule, qui doivent être donnés avec attention afin de ne pas blesser les branchettes voisines.

L'on enlève alors, à la main, le péricarpe encore attenant à la coque; la récolte est ensuite étendue au soleil. — A cette exposition, la coque sèche vite et ne brunit pas.

Le triage par grosseur, pour chaque variété, est fait ensuite.

Afin d'obtenir un meilleur prix de sa récolte, le vendeur devra s'abstenir de mélanger les variétés, même si elles sont de même constitution : coque tendre ou coque dure. A plus forte raison de mélanger ces deux catégories.

Dans ce cas l'acheteur fait une importante réfaction du prix, basé sur celui du cours, pour se payer du triage qu'il sera obligé de faire effectuer.

Commerce. — En Afrique du Nord, le commerce s'établit par la vente locale de l'amande en vert et par l'exportation — sur le marché d'Aix pour la Tunisie — de l'amande sèche, réserve faite des besoins du pays qui conditionne la vente sur place.

Les cultivateurs nord-africains subissent donc les cours de France, qui sont très variables selon l'importance de la récolte dans le Midi, et tenant compte aussi des demandes faites par l'épicerie grossiste pour l'amande douce, par la distillerie pour l'amande amère.

Emballages à adopter pour l'exportation. — Le peu de fragilité de l'amande en coque permet le transport en sacs ou en tonneaux; sans autre soin que d'éviter de localiser dans l'un ou l'autre de ces réci-

pients les coques suffisamment sèches qui bruniraient pendant le transport et arriveraient à destination recouvertes de moisissures.

CERISIER — Prunus Cerasus, L. — *Cerasus vulgaris*, Miller

A ces deux espèces qui ont été pendant longtemps indiquées comme étant à l'origine des variétés cultivées de Cerisiers, il y a lieu d'en ajouter d'autres.

L'étude de leurs caractères spécifiques a permis de rattacher à chaque espèce un groupe de variétés cultivées.

Dans son travail intitulé « Les ancêtres sauvages des arbres fruitiers au Turkestan et au Caucase », VAVILOV (1) indique que « Sur « les flancs Nord du Caucase, ainsi que dans la région appellée « le « Petit Caucase », se trouvent de vastes bois composés unique- « ment de progéniteurs sauvages d'arbres fruitiers.

« On n'y trouve pas moins de 80 genres et espèces linnéens de fruitiers différents à l'état sauvage.

« Dans ce nombre, on remarque particulièrement la présence d'une grande quantité d'espèces endémiques spéciales à la Transcaucasie et aux régions adjacentes de l'Asie Mineure et de la Perse. »

Les espèces de Cerasus notées comme originaires de ces régions caucasiennes sont les suivantes : *Cerasus avium*, L.; *C. incana*, Stev.; *C. microcarpa*, Boiss.; *C. mahaleb*, Mill.; *C. fruticosus*, Pull.; syn. *C. Chamoecerasus*.

Le *Cerasus avium* est à l'origine des variétées cultivées de Bigarreautiers, Guigniers et Merisiers.

Le *Cerasus vulgaris* est à l'origine des Griottiers, les uns à fruits acides, d'autres à fruits doux.

En Tunisie, l'on catalogue deux espèces : *Cerasus avium* en Kroumirie; *C. prostrata* dans la région de Zaghouan et la Tunisie moyenne.

Quel que soit leur lieu de croissance, toutes ces espèces caractérisent les régions d'altitude moyenne à températures souvent basses en hiver; ce qui doit être pour le cultivateur une indication que, pour obtenir des variétés comestibles, une fructification rémunératrice, il faut les planter dans les régions analogues à celles où croissent les espèces sauvages.

Les espèces *avium* et *vulgare* sont, la première à rameaux longs qui forment dans leur ensemble une tête presque régulièrement conique; la seconde est, au contraire, à rameaux minces qui, dès le début de leur croissance, s'infléchissent pour prendre rapidement une position horizontale ou presque, ce qui constitue un arbre de port étalé.

Ces deux espèces, qui sont utilisées comme sujets, impriment à la variété greffée ces caractéristiques de port et de végétation.

Les yeux à bois sont pointus, rougeâtres et recouverts d'une pelli-

(1) *Comptes rendus du IXe Congrès d'Horticulture de Londres*, Août 1930.

cule grisâtre. Le tronc comme les branches sont visiblement lenticelés. Les feuilles sont plus ou moins oblongues selon les espèces, et à nervures saillantes.

Les boutons donnent naissance à des fleurs blanches et odorantes toujours très nombreuses au moment de la floraison, qui se déterminent en bouquets sur le bois formé les années précédentes.

Régions de culture. — Celles de moyenne altitude du Nord-Ouest Tunisien, du Massif de Zaghouan, etc., sont tout indiquées pour l'établissement de vergers de Cerisiers.

Nous sommes étonné, d'ailleurs, que, dans ces régions et certaines autres analogues, les propriétaires n'aient pas établi de plantations.

La cerise est d'un transport facile et, certainement, d'une vente qui serait rémunératrice, en raison même des surfaces réduites où le Cerisier peut être cultivé en Tunisie, ce qui ne permettra jamais une production très importante.

Les bonnes variétés comestibles bien connues devront être greffées sur les types spécifiques sauvages que l'on rencontre dans les régions où, en hiver, la température s'abaisse au-dessous de zéro.

Caractéristiques de végétation. — Dans ces conditions de milieu, la végétation des sujets est normale. — Les deux premières années, les arbres se forment; ensuite, les fleurs se déterminent chaque année, au printemps; les fruits leur succèdent.

Les rameaux se lignifient dès l'automne et au début de l'hiver, ce qui assure une végétation et une fructification normales pour l'année suivante.

Au contraire, dans les régions à température plus élevée où l'on a tenté la culture du Cerisier, les variétés ne donnent pas de fruits.

Les arbres végètent vigoureusement les deux ou trois premières années, puis dépérissent; la gomme les envahit et ils meurent épuisés.

La cause principale de cette décrépitude rapide est la température trop élevée, d'où l'obligation d'arroser tardivement en été, ce qui a pour conséquence l'insuffisance de lignification des tissus à l'automne et au début de l'hiver.

Ces conditions de milieu et de culture maintiennent jusqu'en décembre, et même en janvier certaines années, la circulation de la sève, qui est mal utilisée à cette époque de l'année en raison d'un feuillage devenu trop peu important, chlorosé, le plus souvent localisé au sommet des rameaux de trop jeune constitution.

Au contraire, dans une région convenant au Cerisier, la fructification se détermine sur les branches secondaires, suffisamment lignifiées, ainsi que sur les « bouquets » où, comme pour l'Amandier, elle est successive chaque année.

Taille. — Connaissant la facilité avec laquelle le Cerisier est susceptible de gommer, la taille doit être réduite à l'enlèvement, au début de la végétation, des rameaux gourmands et à un éclaircissage des branches qui, par leur emplacement, ne peuvent pas concourir à la forme de l'arbre, pas plus qu'à sa fructification.

Ce travail devra être fait dès la première année de végétation; cela afin d'éviter des plaies trop importantes par lesquelles la gomme s'extravaserait.

Soins généraux de culture. — En outre des travaux du sol, communs à tous les arbres fruitiers, c'est principalement l'irrigation qui doit être conduite en tenant compte de la végétation du Cerisier.

Au début du printemps, les fleurs apparaissent et dès la chute de ces dernières les feuilles. Pendant cette courte période de quelques jours, il serait imprudent d'irriguer; les arbres trouvent dans le sol suffisamment d'humidité pour la bonne venue des jeunes fruits.

Lorsque ces derniers ont environ la grosseur d'un pois, une première irrigation est nécessaire pour aider au grossissement des cerises et assurer une végétation rapide des rameaux, par conséquent des feuilles correspondantes.

Dès la récolte terminée, les irrigations seront distancées pour être supprimées à partir d'août ou de septembre selon la région et le plus ou moins de précocité des premières pluies d'automne.

Le cultivateur provoque ainsi l'arrêt de la végétation, ce qui permet une lignification normale des branches et des rameaux qui se sont développés au cours de l'été.

Les fumures organiques comme les fumures minérales sont indispensables au Cerisier; leur constitution et les quantités à incorporer au sol dépendent de sa nature physique et chimique.

Récolte. — Pour la récolte de la cerise, il faut distinguer entre celle qui est destinée à l'industriel distillateur et celle qui doit être consommée fraîche.

Dans le premier cas, le fruit doit être cueilli sa chair étant encore ferme, c'est-à-dire trois à six jours, selon la variété, avant la complète maturité. — Cette recommandation s'applique aux cerises acides comme aux cerises douces, les unes comme les autres pouvant être achetées par l'industriel.

Pour la consommation locale, en frais, l'on cueillera lorsque le fruit est presque mûr.

La récolte est faite chaque jour, de préférence de grand matin avant l'élévation de la température, ou le soir après la grosse chaleur passée.

Emballages à adopter pour l'exportation. — La principale précaution à prendre est de ne pas emballer des fruits chauds ou mouillés, qui fermenteraient vite un fois enfermés.

L'expédition des cerises est faite en paniers pour les envois ordinaires à courte distance; en caissettes pour les fruits de choix.

Ces dernières contiennent un kilogr. de fruits, qui sont disposés les uns près les autres sans être trop serrés.

En pleine saison les envois sont faits en paniers rectangulaires, avec couvercle, qui peuvent contenir 3, 4 ou 5 kg. de fruits.

La paroi du panier est garnie de papier fort : quelquefois d'un feuillage sec, sain, non fermentescible. Avec soin le panier est rem-

pli complètement, puis le contenu est tassé en frappant légèrement et à plusieurs reprises le récipient. On achève alors le remplissage en « parant » avec un dernier rang de cerises, la queue « piquée » en dessous.

Le tout est recouvert d'un papier fort et le couvercle est attaché après avoir opéré une légère pression afin d'immobiliser la masse.

PÊCHER — *Amygdalus Persica*, L. — *Persica vulgaris*, Miller *Prunus Persica*, B. et H.

Les auteurs anciens, y compris De Candolle, s'accordent, en émettant des doutes, pour indiquer la Chine comme étant la patrie du Pêcher.

Au cas où cette indication ne serait pas exacte; ce qui paraît être certain, toutefois, c'est que le Pêcher est cultivé en Chine depuis la plus haute antiquité.

« Certains auteurs, écrit Bois, comme Knight et Carrière, voient « dans le Pêcher une forme issue de l'Amandier par variation spon- « tanée ou par la culture; ces deux arbres ne présentant que de lé- « gères différences entre eux. »

L'on ne relate pourtant pas pareil cas d'identité spécifique sur des Amandiers ou sur des Pêchers, issus de semis de l'un ou de l'autre de ces deux arbres.

Au point de vue purement physiologique et en n'envisageant que les fruits du Pêcher ou de l'Amandier, cette assertion ne nous paraît pas fondée et l'Amandier-pêche, *Amygdalus Persicoides*, de Seringe, *Amygdalus Persico-Amygdalus* de Daléchamp ne seraient pas un exemple à l'appui de la thèse de Knight et Carrière.

L'on peut penser plutôt pour ces derniers à une origine analogue au cas observé en 1865 dans les cultures d'Alexis Lepère; plus tard (1910) dans celles de M. Formont, de pousses d'Amandier développées sur un pêcher greffé sur Amandier (2). Quant à l'Amandier-Pêche de Burbank, il a une origine hybride et les fruits ne s'identifient avec la pêche que par un épicarpe resté de couleur verdâtre, plus charnu que celui de l'Amande et à noyau sillonné.

Abstraction faite du port des arbres et de leur feuillage, qui sont identiques, les Pêchers cultivés sont classés en deux catégories, formant deux races distinctes. — Celle des fruits plus ou moins duveteux (pêche), celle des fruits lisses (nectarines et brugnons).

Dans ce cas, il semble bien qu'il y ait identité spécifique entre le Pêcher à fruits duveteux et celui à fruits lisses; car, des semis de noyaux de variétés duveteuses ont donné, exceptionnellement il est vrai, des sujets à fruits lisses.

---

(1) *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges* (Phanérogames fruitières). — D. Bois.

(2) *Un cas singulier de variation par bourgeon chez le Pêcher*. — Griffon. (Comptes rendus Académie des Sciences; 4 septembre 1901.)

L'on a cité aussi que, par variation de bourgeon, des Pêchers à fruits duveteux ont produit des fruits lisses.

Le Pêcher est un arbre à port étalé, les branches prenant dès leur jeune âge une certaine obliquité.

Les feuilles sont lancéolées, acuminées, dentées, glabres, portées par un pétiole court à la base duquel se trouvent deux glandes, réniformes ou globuleuses suivant les variétés.

Les yeux à bois sont pointus. — Les bourgeons à fleurs ne se différencient des yeux à bois qu'au début de la végétation, au printemps.

Les fleurs, d'un rose plus ou moins foncé suivant les variétés, sont à pétales irrégulièrement développés, avec des différences, très accusées souvent, sur le même sujet, quelquefois sur le même rameau.

L'observation de ce développement des pétales ne permet pas de formuler une règle de corrélation avec le degré de vigueur de la branche fruitière ou son emplacement sur l'arbre.

Les fruits se distinguent par les caractères suivants : peau duveteuse, noyau adhérent ou non (pêches dures dites « pavies » et pêches molles); peau lisse, noyau non adhérent (nectarine); peau lisse, noyau adhérent (brugnon).

Régions de culture. — En raison de la fragilité de son fruit, qui ne permet pas un transport à longue distance, le Pêcher est cultivé aux alentours, souvent immédiats, des principaux centres de consommation.

Il préfère les régions sub-littoraliennes en plaine découverte, abritées des vents du Nord, en hiver, par une éminence naturelle.

Quand ces conditions ne sont pas réalisées, des abris végétaux sont indispensables.

Etant le plus souvent greffé sur Amandier, le Pêcher se plaît particulièrement bien dans les sols argilo-calcaires où, si la végétation est moins vigoureuse les premières années que dans les sols siliceux, la fructification est meilleure, et de plus longue durée.

Caractéristiques de végétation. — Particulièrement dans les cultures irriguées, la végétation du Pêcher est vigoureuse dès les premières années; arrosé trop abondamment, il est sujet à la chlorose; affection physiologique qui détermine le jaunissement et la chute prématurée des jeunes feuilles, qui sont atteintes avant celles de formation plus ancienne.

La fructification commence dès l'année qui suit celle de la plantation en place; c'est-à-dire deux ans après le greffage. Le nombre et la grosseur des fruits augmentent chaque année pour arriver à leur maximum vers la cinquième ou sixième année.

A cet âge, les arbres commencent souvent à dépérir, la fructification diminue, le branchage se couvre d'une écorce épaisse, les pousses annuelles sont de plus en plus courtes, le nombre des rameaux de remplacement diminue, les « bouquets de mai » ne fleurissent plus qu'imparfaitement, le feuillage jaunit, la gomme s'extravase par les lésions de l'écorce.

Cet état de décrépitude est à son apogée, dans les régions nord-africaines littoraliennes ou sub-littoraliennes à période hivernale insuffisamment accusée, vers la dixième année environ.

Le temps qui s'écoule entre la floraison, qui a toujours lieu dès le début de la végétation, et la maturité des fruits est différent suivant les variétés.

Celles dont la maturité est hâtive sont à noyau adhérent et paraissent, en raison même de ce caractère, être plus rapprochées du type d'origine. — Les variétés tardives sont, pour la plupart, à chair non adhérente.

Ces dernières ne sont plus, ou rarement du moins, cultivées; car leurs fruits sont attaqués par la mouche des fruits, *Ceratitis capitata*, dont la larve désorganise le mésocarpe, qui devient ainsi inconsommable.

A la maturité, les fruits de Brugnons comme ceux des Nectarines se crevassent près du pédoncule au moment de la maturité. — Ils sont alors la proie des fourmis et des forficules.

Taille. — Pour le Pêcher, cette opération doit être limitée aux pincements, en été, des branches mixtes, plutôt qu'à des tailles, trop importantes souvent, faites, en hiver, aux branches charpentières.

Cette taille « en vert » a pour résultat de faire développer à la base des branches mixtes fruitières des rameaux qui, l'année suivante, remplaceront les branches qui ont fructifié.

Les branches dites « chiffonnes », qui ne portent que des boutons à fruits sur la presque totalité de leur longueur, sont supprimées en été lorsque, la cueillette des fruits terminée, elles sont devenues inutiles.

Le « bouquet de mai » ne doit pas être taillé. Au cours de l'été, seule la branchette à laquelle l'œil terminal a donné naissance est pincé.

Quant à la charpente de l'arbre, il suffira chaque année, dès le début de la végétation, de supprimer les branches gourmandes, faciles à reconnaître par leur développement exagéré, la longueur de leurs mérithalles, leur direction verticale.

Soins généraux de culture. — Comme pour l'Amandier, que les arbres soient irrigués ou non, ce sont surtout les travaux du sol qui conditionnent le développement des arbres. Les labours en hiver, les binages en été, sont donc indispensables.

Pour la distribution des irrigations, il faut tenir compte de la nature du sous-sol, qui est plus ou moins perméable, et particulièrement de l'âge et de l'état de végétation des arbres.

Au cours de la période de formation des sujets, les irrigations pourront être données tous les mois et pour chaque sujet en quantité suffisante pour que les racines soient entraînées dans les parties profondes du terrain. Il faut éviter, par un apport insuffisant d'eau à chaque arbre, de localiser les racines à peu de distance au-dessous de la surface du sol, où elles sont susceptibles de se dessécher, lorsque les irrigations deviennent moins fréquentes après la période de formation terminée.

A ce stade, les apports d'eau seront fréquents et copieux au cours de la période de développement des fruits. Ils seront diminués, puis suspendus une fois la récolte terminée.

Le Pêcher étant un arbre naturellement vigoureux, d'autre part sa longévité étant courte, les engrais ne sont généralement pas utilisés et c'est plutôt l'excès d'irrigation qui provoque la chlorose que le manque d'éléments fertilisants du sol.

Néanmoins, nous estimons qu'un apport à chaque arbre d'engrais organique (fumier) tous les trois ans ne peut que favoriser la bonne végétation, la fructification, ainsi que la longévité des arbres.

Récolte. — La pêche, comme chacun sait, est un fruit délicat.

Elle doit être cueillie le matin avant la période chaude de la journée et surtout en état de maturité correspondant à l'emploi ultérieur de la récolte.

Lorsque le fruit est destiné à l'expédition, il doit être cueilli encore ferme, incomplètement mûr. Sa maturation s'accentuera dans le local où les fruits sont entreposés avant d'être expédiés.

La maturité se termine sur l'arbre, lorsque les fruits sont destinés à être consommés dès après la cueillette.

Cette dernière doit être faite avec précaution, en évitant la pression des doigts, qui tout d'abord passe inaperçue mais se révèle quelques jours après par une tache qui déprécie le fruit et devient le point de départ de la décomposition de ce dernier.

Commerce.— La nature même des fruits (pêches molles) des variétés cultivées dans le Nord de l'Afrique, leur fragilité due à leur texture, ne permettent pas de faire de la pêche un fruit d'exportation.

Pour ce genre de commerce, il faudrait cultiver les variétés à fruits dits « durs » qui sont cultivées par la Californie pour l'industrie.

C'est cette fermeté des fruits, ainsi que la non adhérence de la chair au noyau, qui permet facilement les opérations de dénoyautage et de pelurage.

Emballages à adopter pour l'exportation. — La caisse plate, pouvant contenir 6, 8, 12 fruits, est réservée aux fruits de luxe, ces derniers séparés entre eux par de la frisure de bois, mieux encore par de la rognure de papier.

Chaque pêche est enveloppée de papier de soie et tamponnée, afin d'éviter le ballottement des fruits.

La caisse étant, à l'arrivée, ouverte par le fond, on rangera le premier lit de fruits de manière à ce que la partie colorée soit tournée contre la paroi.

Pour les expéditions plus importantes, plus fréquentes aussi, on emploie des paniers carrés, ronds ou ovales.

Le fond du panier et toute la paroi intérieure sont tapissés d'un lit de paille de seigle, qui sera recouvert d'une feuille de gros papier.

Les fruits les plus fermes sont placés en dessous, les plus mûrs

dessus, sans chercher à « farder » la marchandise, ce qui commercialement est un acte délictueux.

Pour les petits fruits, comme pour ceux qui sont destinés à des préparations économiques, ils sont emballés à plein panier.

PRUNIER — Prunus insititia, L.

Cette espèce, signalée en Tunisie dans les haies et les broussailles de la Tunisie septentrionale occidentale, croît aussi dans le Midi de l'Europe; également en Cilicie, en Arménie, au midi du Caucase, dans la province de Talysch, vers la mer Caspienne, ajoute De Candolle.

Le *Prunus insititia* paraît être, écrit Bois, avec quelques autres espèces, à l'origine du *Prunus domestica*, espèce à laquelle on rapporte les variétés cultivées.

Ce type spécifique est à cime arrondie, à écorce d'un vert rougeâtre qui devient grise et se fendille avec l'âge.

Les yeux à bois sont pointus, isolés ou associés aux boutons, qui sont multiflores.

Les fleurs sont blanches et, comme pour le Pêcher, groupées sur des branches mixtes ou chiffonnes, ou encore disposées en bouquets. La floraison est successive d'année en année sur chacun de ces organes floraux.

M. Brayard décrit comme suit l'origine des Pruniers « Japonais » :

« L'origine des Pruniers Japonais est incertaine. Roxburgh décri-
« vit l'espèce en 1814 sous le nom de *Prunus triflora*, d'après un spéci-
« men qu'il rencontra dans le Jardin botanique de Calcuta, mais qui,
« d'après lui, aurait été importé de Chine, où l'espèce est indigène.

« Les professeurs Georgeson, du Collège d'Agriculture de l'Etat
« du Kansas, et Sergent, de l'Arnold Arboretum, ne purent le ren-
« contrer au cours de leurs explorations botaniques du Japon, à l'é-
« tat spontané, ce qui semblerait confirmer l'hypothèse de Rox-
« burgh. »

Les variétés cultivées sont issues de croisements entre l'espèce d'origine et certaines variétés de Pruniers cultivées en Amérique et en Europe.

Ces croisements ont produit des arbres vigoureux à rameaux longs, à écorce légèrement colorée, rugueuse. Feuilles nombreuses, lancéolées, dentées, brillantes vert foncé, glabres sur la face supérieure.

Fleurs nombreuses apparaissant en même temps que les feuilles, souvent géminées et portées par un court pédicelle.

Fruit rond ou conique à peau jaune rougeâtre ou mouchetée; chair adhérente ou noyau, ce dernier peu développé.

Régions de culture. — Le Prunier végète et fructifie normalement

(1) *Les Pruniers Japonais* — Brayard.

dans les régions à altitude où croissent déjà plusieurs espèces spontanées.

Pour déclarer incultivables les variétés de Pruniers introduites de France, il ne faut pas prendre comme exemple les arbres plantés dans les régions à température trop élevée en été, littoraliennes ou en plaine.

Pourtant, l'on reconnaît dans cette dernière situation, dans des localités où la température s'abaisse suffisamment en hiver, que certaines variétés donnent des résultats économiques satisfaisants. — En Algérie, l'on note la Prune « Mirabelle » et la « Reine-Claude ».

Quant au terrain, le Prunier, selon le sujet sur lequel la variété a été greffée, peut être planté dans tous les sols, à la condition toutefois qu'ils soient perméables et légers, par conséquent ni trop humides en hiver, ni trop secs en été.

Au contraire, les variétés dites « japonaises » se plaisent particulièrement bien dans les régions littoraliennes, où elles trouvent une atmosphère humide en été et une température moyenne sans de grands écarts.

Caractéristiques de végétation. — Croissant à l'état spontané, le Prunier forme à sa base de nombreux drageons qui, en s'associant avec les branches principales de l'arbre, constituent par leur ensemble un buisson.

En culture, la suppression des drageons et la conservation d'une seule branche principale formant un tronc donnent aux arbres un tout autre aspect.

Les branches charpentières sont érigées et portent d'autres branches, dites secondes charpentières, qui portent les productions fruitières.

La fructification n'est pas successive comme pour certaines autres Rosacées comestibles. — Chaque variété mûrit ses fruits en quelques jours, six à dix, temps qui est diminué souvent par une période de température élevée (siroco).

Cette particularité est la même que la variété soit à gros fruit (Reine-Claude par exemple), à petits fruits (Mirabelle).

Taille. — La taille d'hiver comme celle d'été sont les mêmes que pour le Pêcher.

Il faut tenir compte, toutefois, que les rameaux fructifères sont moins nombreux que sur le Pêcher, et qu'ils se déterminent sur des productions fruitières s'accroissant en longueur au fur et à mesure de la floraison, qu'elles sont toutes mixtes, c'est-à-dire portant des boutons à bois à leur base, des bourgeons à fleurs ensuite jusqu'à l'extrémité.

De ce mode de production peu abondant au cours des premières années de fructification, il résulte que le Prunier a une longévité plus grande que le Pêcher.

Soins généraux de culture. — Ils ne diffèrent pas de ceux qui ont été indiqués précédemment pour le Pêcher; seules les irrigations de-

vront être continuées plus tardivement à l'automne, une fois la récolte terminée, de façon à permettre aux arbres la localisation d'importantes réserves hydro-carbonées pour le printemps suivant.

Récolte. — Les variétés peuvent être classées en deux catégories : les fruits recouverts d'une « fleur » ou « pruine »; les fruits lisses, qui sont, pour la plupart, ceux des variétés japonaises.

Les prunes doivent donc être cueillies et manipulées avec soin de façon à ne pas leur enlever cette « pruine », ce qui diminuerait leur valeur commerciale.

Cette recommandation s'applique, particulièrement, aux variétés de Prune reine-claude.

Cette cueillette doit être faite le matin de bonne heure ou le soir après la période de grande chaleur.

L'ouvrier sera porteur d'une boîte recouverte intérieurement d'une toile. Les fruits seront cueillis à la main, et ceux tombés de l'arbre, mis à part, constitueront une seconde catégorie commerciale.

Il faut surtout ne pas secouer les arbres pour faire tomber leurs fruits; ces derniers sont meurtris, tachés, de mauvaise conservation et d'une vente dépréciée.

Cette pratique doit surtout être évitée pour les envois destinés à l'exportation, qui doivent subir un certain temps de transport.

Commerce. — Le commerce de la prune européenne à l'exportation n'a pas pris d'importance dans le Nord de l'Afrique.

La production en est faible et le marché local suffit à absorber la production.

Au contraire, les variétés japonaises ont été l'objet, en Algérie, d'une exportation importante. — « En 1926, l'Algérie a expédié à « l'Etranger et dans la Métropole 12.500 quintaux de prunes repré« sentant une valeur de 2.000.000 de francs.

« Actuellement, l'importance des vergers algériens permet d'éva« luer à 150.000 quintaux minimum la production algérienne dans « quelques années d'ici ». — Calcat : *La Prune en Algérie* (Congrès de l'Arbre fruitier, 1931).

Emballages à adopter pour l'exportation. — « La Californie fait « parvenir des prunes fraîches en Europe en les emballant dans des « caisses à claire-voie, les fruits enveloppés de papier et placés dans « des corbeilles en lamelles de bois sans anse. » — Poher : *Le commerce des produits agricoles.*

Pour le transport à plus courte distance, les prunes sont expédiées dans des paniers rectangulaires, en billots ou en banastes de moyenne dimension.

Il convient de mettre ensemble les fruits de la même variété et de rejeter tous ceux qui sont flasques, tachés, ou crevassés par excès de maturité.

La rognure de papier constitue une bonne matelassure pour le fond, les côtés, le dessus de l'emballage adopté.

C'est la Reine-Claude qui est envoyée généralement en caisse.

Pour cette variété, qui est toujours achetée à un prix élevé lorsqu'elle est bien présentée, il faut que l'expéditeur soigne sa marchandise; qu'il la présente en plaçant la belle face des fruits à l'ouverture, la queue en dessous, ces derniers étant régulièrement alignés et le coloris rougeâtre ou bleuâtre laissant voir, par la position du fruit, le vert de l'épiderme.

Afin d'éviter le ballottement des fruits au cours du transport, les vides sont remplis par des tampons de papier de soie.

Table des Matières

Abricotier 73
Amandier 78
Cerisier 83
Pêcher 88
Prunier 90

ALBERT PETIT

LE TRAITEMENT DE LA CARIE DU BLÉ

et la préservation des grains vis-à-vis des Insectes parasites

Depuis quelques années, presque tous les agriculteurs traitent leurs grains à sec, en les enrobant dans une poudre cuprique, au moyen d'un mélangeur rotatif. Cet enrobage, essentiellement préventif, est effectué, en général, peu avant les semailles, suivant les besoins de l'exploitation. Il arrive aussi que l'agriculteur traite les semences avant l'été ou qu'il en conserve une partie en excès pour les prochaines semailles de l'année suivante. Nous avons précédemment montré (1) que le pouvoir germinatif des grains poudrés se conservait comme celui des témoins, à condition de procéder à des essais de germination, suivant une méthode déterminée, en provoquant la levée du grain semé dans de la terre convenablement arrosée.

Les semences mélangées à la poudre cuprique se conservent-elles en présence d'insectes parasites ? La question, sans être d'une importance première, n'en est pas moins digne d'intérêt, en raison du fait que l'on utilise des substances diverses ayant, comme nous le verrons plus loin, une efficacité très inégale à ce point de vue.

Certes, il y a lontemps que l'on se sert de vapeurs toxiques pour la désinfection des semences. Ainsi BARRUEL (1849) préconisait l'oxyde de carbone : après 10 secondes la destruction des larves est complète; les Charançons adultes sont tués après une minute. DOYENNE (1851) et C. HERPIN (1857) ont pensé aux anesthésiques, au chloroforme. Actuellement, on se sert surtout du sulfure de carbone ou du tétrachlorure de carbone mélangé à un éther volatil, ou de la chloropicrine. Nous nous sommes demandé si les traitements aux poudres cupriques étaient efficaces pour préserver les grains des Charançons, Teignes et Alucites, si l'on peut se dispenser de la méthode au sulfure de carbone.

Nous avons cité plusieurs faits nouveaux relatifs à cette question (2); nous exposons succinctement le résultat actuel de nos recherches.

Il est difficile d'évaluer les dommages causés par les Charançons, d'après l'aspect du grain. Ainsi du *Mahon*, visiblement impropre aux

---

(1) Albert PETIT. Action de plusieurs antiseptiques sur les semences de blé et la carie (*Tilletia levis* KUHN). Annales du Service Botanique 1925. 2e fascicule.

(2) Albert PETIT. L'action préservatrice des anticryptogamiques, spécialement des poudres cupriques, vis-à-vis de certains insectes parasites des semences de Froment. Revue de Pathologie végétale et d'Entomologie agricole n° 2, 1930.

semailles, donne une germination de 60 %, au 14e jour. On convient donc d'appeler dommage l'abaissement du pouvoir germinatif par rapport au témoin, puisque le Blé déprécié par les insectes est impropre à la consommation humaine.

L'origine de ces essais date d'une constatation banale due au hasard; ayant observé qu'un lot de Blé, préalablement sulfaté par la méthode d'immersion, n'avait pas été endommagé par les Charançons, alors que les lots témoins étaient complètement détruits, nous pensâmes que le cuivre retenu sur le grain intervenait. Bien que cette interprétation soit inexacte, on peut au moins admettre l'existence d'un effet peu prononcé de répulsion. Nous avons disposé, dans un but de vérification, un certain nombre de flacons de 250 $^{c}/_{m3}$, formant deux séries : l'une de Blé tendre; l'autre de Blé dur. Dans chaque flacon, on plaça 50 grammes de Blé et 1.000 Charançons environ, excepté dans les flacons de Blé témoin, qui ne reçurent que 20 Charançons; il est d'ailleurs inutile de mettre au contact du grain témoin plus de quelques insectes, étant donné leur énorme faculté de multiplication. La dose de poudre est de 250 grammes par quintal. Les produits employés à peu près purs sont : l'arséniate de cuivre, l'oxychlorure de cuivre, l'acétate neutre, le carbonate, le borate, le sulfate anhydre, le chlorure cuivreux et l'hydrocarbonate basique.

Après deux années, dont deux saisons chaudes, les lots témoins étaient transformés en un résidu; ils étaient complètement détruits et constituaient une véritable colonie de Charançons, alors que les lots traités à la poudre cuprique étaient indemnes. Comme les flacons étaient bouchés, il semble qu'une partie de l'effet toxique résulte du dégagement de vapeurs acides (cas de l'acétate neutre et du chlorure cuivreux). On peut certainement conclure que les sels de cuivre, employés à l'état pur, ont une efficacité certaine de protection quand les grains sont placés dans un local clos. Les circonstances favorisant les chances d'attaque de la semence ayant été exagérées, la protection est d'une année franche, dont une saison chaude.

L'expérience fut recommencée en étendant les essais à des traitements humides. Mais au lieu de déposer les Charançons dans un espace clos, ceux-ci furent mis au voisinage des flacons; on se rapproche davantage des conditions normales. Ces flacons sont enfermés dans un placard, à la température du laboratoire. On sait que dans ces conditions les Charançons sont actifs si la température est douce. L'ensemble de ces essais est porté au tableau I. La quantité de Blé expérimenté est de 50 grammes. La durée de l'expérience est de trois ans. (*Voir le tableau I à la page suivante.*)

Le lot formolé est complètement détruit bien que la dose du traitement dépasse de beaucoup celle qui est utilisée en pratique, le formolage n'est d'aucune efficacité pour tuer les insectes du Blé. D'ailleurs une constatation semblable avait été faite antérieurement. Les lots traités aux sels de cuivre purs (acétate, chlorure cuivreux, arséniate) ont été endommagés; le chiffre indiqué est une moyenne. Les dégâts sont irréguliers; parfois les Charançons s'attaquent de préférence aux se-

Tableau I

Efficacité protectrice de certains traitements vis-a-vis des Charançons

Substance	Dose	Traitement	Variété de Blé	Observations
—	—	—	—	—
Acétate neutre de cuivre pur.	150 gr. par quint.	Poudrage	*Souri*	20 % de dégâts
id.	250 gr.	id.	id.	id.
id.	id.	id.	id.	id.
id.	300 gr.	id.	id.	id.
id.	200 gr.	id.	*Richelle*	id.
id.	250 gr.	id.	id.	id.
id.	id.	id.	*Baroota*	id.
id.	id.	id.	id.	id.
id.	300 gr	id.	id.	id.
»	»	»	*Souri témoin*	Destruc. totale
»	»	»	*Richelle témoin*	id.
»	»	»	*Baroota témoin*	id.
Formol	1 %	Immersion	*Souri*	id.
Chlorure cuivreux	250 gr	Poudrage	id.	20 % de dommages
id.	id.	id.	*Baroota*	id.
Poudre contenant 20 % d'iodure mercurique	id.	id.	*Richelle*	Lot intact
Calomel	id.	id.	*Souri*	id.
id.	id.	id.	*Baroota*	id.
Poudre à base d'oxychlorure de cuivre	id.	id.	*Richelle*	30 % de dommages
Arséniate de cuivre.....	id.	id.	*Baroota*	20 % —
Carbonate de cuivre contenant 5 % de sublimé.....	id.	id.	*Souri*	2-5 % —
Différents sels de cuivre contenant 10 % de sels de mercure	id.	id.	*Souri*	id.
id.	id.	id.	*Richelle*	id.
Sels de cuivre contenant 20 % de calomel.....	id.	id.	*Souri*	id.
Acétate de cuivre contenant 10 % de pyrèthre.....	id.	id.	*Baroota*	20 à 30 % de dégâts
Poudre ayant 30 % de nitrate cuivrique, 60 % de talc, et 10 % de pyrèthre.....	id.	id.	id.	id.
Poudre contenant 30 % de chlorure cuivrique, 60 % de talc et 10 % de pyrèthre....	id.	id.	id.	id.

mences de Blé tendre, dans d'autres cas, c'est le Blé dur qui est le plus détérioré. Les poudrages, effectués avec des produits titrant peu de métal, sont moins efficaces que ceux où l'on emploie les sels purs, même s'ils contiennent du pyrèthre. On distingue aussi une différence sensible si l'on se sert de doses croissantes de poudre : un traitement réalisé avec 150 grammes par quintal ne protégera les grains que peu de temps; c'est à partir de 200 grammes que l'effet toxique se manifeste réellement pour une assez longue période. Au contraire, les sels de mercure permettent de se passer des vapeurs du sulfure de carbone. Un pourcentage de sel de mercure de 10 suffit à la conservation presque indéfinie du grain, et l'on ne rencontrera jamais d'insectes.

Le soufre ne paraît pas susceptible d'utilisation à ce point de vue. Nous avons recommencé les expériences à plus grande échelle : les fractions sont de deux kilos. Le Blé *Baroota* est placé à l'obscurité, dans des sacs de papier, lieu de prédilection des Charançons. Dans chaque sac on a déposé 12 insectes adultes. La durée de l'expérience est d'un an et demi, dont deux saisons chaudes. La dose est de 150 ou 250 grammes par quintal. Les résultats sont du même ordre que ceux précédemment cités; ils ont été rassemblés au *tableau II*.

TABLEAU II

DEGRÉS DE PRÉSERVATION DES SEMENCES DE FROMENT PAR LES POUDRES CUPRIQUES

SUBSTANCE	DOSE	TRAITEMENT	VARIÉTÉ DE BLÉ	OBSERVATIONS
Poudre contenant 10 % de chlorure cuivrique par quintal	250 gr.	Poudrage	*Baroota*	Destruction complète
id. 15 %...	id.	id.	id.	Très mauvais état
id. 30 %...	id.	id.	id.	id.
Poudre contenant 25 % de sulfate de cuivre anhydre..	id.	id.	id.	50 % de dommages
Poudre à base d'oxychlorure de cuivre	150 gr.	id.	id.	25 % —
id.	250 gr.	id.	id.	15 % —
Carbonate de cuivre.....	150 gr.	id.	id.	5 % —
id.	250 gr.	id.	id.	id.
Acétate de cuivre.....	150 gr.	id.	id.	20 % —
id.	250 gr.	id.	id.	5 % —
Arséniate	250 gr.	id.	id.	Très mauvais état

Il est certain que les sels de cuivre ne permettent pas de conserver les semences pendant deux années consécutives; quant à ceux contenant peu de cuivre, comme les préparations à base de chlorure cuivrique, il ne peuvent déterminer qu'une préservation maxima de six

mois. Il est donc rigoureusement indispensable de sulfurer, comme si les semences n'avaient pas été poudrées.

Il restait à examiner le cas des sels de plomb, qui jouissent de propriétés insecticides remarquables; malheureusement la plupart d'entre eux sont peu toxiques pour la carie, et il est nécessaire de les associer aux sels de cuivre. Nous avons employé les formules suivantes, en traitant d'assez grandes quantités de grains (20 kilos), à la dose de 250 grammes :

1° Talc ayant 10 % de chlorure cuivrique	89 gr.
Arséniate de plomb	10 —
Pyrèthre en poudre	1 —
	100 gr.
2° Talc contenant 10 % de chlorure cuivrique	85 gr.
Arsésiate de plomb	10 —
Pyrèthre	5 —
	100 gr.
3° Talc contenant 11,1 % de chlorure cuivrique	85 —
Arséniate de plomb	5 —
Pyrèthre	5 —
Cyanure de cuivre	5 —
	100 gr.

4° Poudre contenant 15 % de chlorure cuivrique.

5° Poudre de pyrèthre.

Aucun de ces produits n'a permis de conserver les lots à l'abri des insectes parasites. Tous les sacs étaient en mauvais état, et tous les grains, détruits.

On voit combien la question est difficile à résoudre.

M. Marre, Directeur honoraire des Services Agricoles, dans une revue très détaillée sur les applications du sel marin, pensait qu'il serait utile de se rendre compte si ce composé peut préserver les semences des Charançons. Les essais ont montré qu'il n'est pas possible d'envisager l'emploi du sel pour le traitement de la carie.

Enfin les arsénites doivent être examinés. L'arsénite de plomb est d'une toxicité voisine de son homologue cuprique en ce qui concerne la carie; des expériences nous fixeront au sujet des Charançons. Le procédé des poudres formolées est aussi à l'étude.

Parallèlement à ces constatations, nous avons recueilli l'avis d'un certain nombre d'agriculteurs qui nous ont communiqué très obligeamment leurs observations, ce dont nous les remercions vivement. Certaines de leurs remarques constituent un véritable enseignement.

La divergence entre les réponses tient aux conditions spéciales de chaque exploitation. Ainsi deux agriculteurs ont vu pendant deux années consécutives une protection réelle qui serait due à la poudre

cuprique. Ils ont eu soin de poudrer les parois du récipient renfermant le grain et de répandre à la surface de ce dernier le mélange cuprique destiné au traitement de la carie. Cette méthode est à signaler.

D'autre part, un propriétaire a retrouvé intacts seize sacs de Froment traités l'année précédente. La Teigne est tuée par le poudrage selon l'avis d'un observateur. Certains estiment qu'il y a protection, et on a même indiqué un retard de 4 à 5 mois dans la destruction des semences par les Charançons. Mais ce n'est pas l'avis général bien que, souvent, on a discerné un effet bienfaisant de l'anticryptogamique. Les observations portant sur l'Orge sont moins nombreuses, mais il semble que l'Orge et l'Avoine se comportent comme le Blé. Enfin, on aurait retenu l'action toxique des poudres contre les Rats (un cas).

En résumé, de ces enseignements actuels, tirés des études de laboratoire et de l'avis des praticiens, il ressort que :

1° Les sels de mercure purs, mélangés soit aux sels de cuivre, soit à un substratum inerte, permettent la conservation des semences, d'une année à la suivante, sans qu'il soit besoin de se servir du sulfure de carbone;

2° Les sels de cuivre purs peuvent, pendant une courte période, préserver les semences contre les Charançons, période qui paraît excéder six mois, en prenant les précautions précédemment indiquées;

3° Si les grains sont enrobés dans une poudre cuprique de faible teneur métallique, comme c'est le cas de certains produits du commerce, il n'y a généralement pas de préservation, et il est nécessaire de conserver les grains par les méthodes en usage, bien que parfois on ne constate aucun dégât;

4° Les arséniates de plomb et de cuivre, la poudre de pyrèthre (dont les propriétés insecticides avaient été préalablement éprouvées) n'ont pas d'effet durable et ne permettent pas d'éliminer le traitement au sulfure de carbone.

ALBERT PETIT

OBSERVATIONS SUR LA CARIE DU BLÉ

1° Les expériences ont été réalisées au moyen de deux souches appartenant chacune à une espèce de carie : l'une est tunisienne *Tilletia levis*, forme dominante dans le bassin méditerranéen; l'autre est une souche de T.*Tritici*, originaire de l'Europe méridionale. Dans les deux cas, les antiseptiques se comportent de la même manière, soit pour les traitements à sec, soit pour les traitements humides par immersion; ces derniers ayant été entrepris dans un but spéculatif et explicatif. Il était indispensable de connaître s'il existe des variétés biologiques de carie plus virulentes que les deux souches qui avaient été observées jusqu'à présent.

Nous avons comparé la résistivité de seize variétés de Blé tendre (dont celles qui sont cultivées en Tunisie), de dix Blés durs et de quelques autres variétés du groupe à 14 chromosomes (*Triticum Persicum*, *T. polonicum*, *T. pyramidale*, *T. turgidum*), par rapport à trois souches différentes de carie qui nous furent envoyées par le Dr Jackiewski. Nous constatons les faits suivants :

a) Une variété de Blé, possédant un haut degré de résistivité pour une souche déterminée de carie, garde en général cette propriété pour les autres souches, quelle que soit l'espèce (*T. levis* ou *T. Tritici*).

Il existe pourtant un certain nombre d'exceptions peu importantes.

b) Les sensibilités des variétés de Blé restent souvent semblables entre elles par rapport à plusieurs souches de carie, qu'il s'agisse du degré 2 de contamination ou du degré 3, et cela d'une année à la suivante.

c) Les antiseptiques se comportent avec les trois nouvelles variétés de carie exactement comme les deux souches primitivement essayées : on observe un très bon effet des poudres à base de chlorure cuivrique (10-15 %), de chlorure cuivreux; un effet bien moins intense de l'acétate neutre de cuivre, de l'oxychlorure, du carbonate et du phosphate.

Les expériences faites sur la carie présentent donc un degré de généralité très grand; le facteur le plus important est la susceptibilité du Blé, la virulence du parasite étant peu variable.

2° Au sujet du mode d'action des antiseptiques, on a tenté d'expliquer que l'action, dite de « contact », serait de nature catalytique, sans qu'il y ait pénétration du métal dans le cytoplasme du parasite. Il existe des sels insolubles peu actifs (carbonate de cuivre, phosphate de cuivre, etc.); des sels insolubles extrêmement toxiques (arsénite de

cuivre, arsénite de plomb, et leurs mélanges avec une poudre inerte, dans les proportions de 20 à 40 %). Or, nous avons établi que les sels insolubles cités se dissolvent dans l'eau distillée et dans l'eau du sol, en présence de composés organiques et méthylaminés. Ces solutions organo-métalliques filtrées sont-elles toxiques ?

Les solutions de carbonate de cuivre ou de phosphate de cuivre sont très peu toxiques parce que le métal est peu concentré (1/20.000 parfois); c'est ce qui explique pourquoi ces sels ont un pouvoir anti-cryptogamique très limité.

Au contraire, l'arsénite de cuivre et l'arsénite de plomb, solubilisés dans le filtrat par les composés aminés du grain carié, sont très toxiques, et ils se comportent comme de véritables solutions cupriques; ils agissent avec la même intensité que la partie restée sur le filtre. Si l'on ajoute sur le filtre un ou deux $^{c}/_{m^3}$ de méthylamine synthétique, la toxicité du filtrat augmente considérablement.

L'action des sels dits insolubles s'explique donc :

a) Par transformation chimique, oxydation et formation de sels solubles : c'est le cas du chlorure cuivreux et du calomel, qui produisent respectivement du chlorure cuivrique très soluble et du bichlorure de mercure soluble: c'est aussi le cas de certains métalloïdes, comme l'arsenic, qui s'oxyde en acide arsénieux soluble dans l'eau. Les sulfures de cuivre se transforment rapidement en sulfate pentahydraté.

b) Par solubilisation, grâce à la présence de composés aminés, comme cela a lieu pour le phosphate de cuivre, le carbonate, l'arsénite de cuivre, l'arsénite de plomb.

La question semble être résolue pour tous les sels dits insolubles, à l'exception de l'oxyde d'argent, dont les propriétés fongicides seront examinées en rapport avec les propriétés physiques.

3° Au point de vue de la stérilisation des spores de carie contenues dans le sol, une seule substance, l'arsénite de cuivre, permet d'éviter la contamination de la plantule. Il suffit donc de traiter le grain comme d'ordinaire, comme si l'infection provenait uniquement des spores retenues par celui-ci. Jusqu'à présent, on ignorait comment préserver les plantules des spores de carie qui sont disséminées dans le sol.

L'arsénite de plomb semble être voisin de son homologue cuprique à ce point de vue; tous les autres sels essayés : le chlorure cuivreux, le carbonate de cuivre, l'acétate neutre, l'oxychlorure, certaines matières colorantes (auramine) ne produisent aucun effet. Cette action stérilisante, qui se constate en n'utilisant que des doses infimes (250 grammes par hectare), n'a pas encore été expliquée avec certitude.

L'arsénite de cuivre forme des pseudo-solutions dont les particules colloïdales sont d'une ténuité extrême; il est d'ailleurs très difficile de les empêcher de traverser les filtres. On peut supposer que, lors de la germination, des micelles d'arsénite sont entraînées par les radicelles, la tigelle, et de ce fait, la protection aurait lieu comme pour

le grain. On ne peut pas imaginer une action à distance; en effet, l'antiseptique, lorsqu'il est placé dans la terre (artificiellement contaminée), à sa surface, ou au-dessous de la couche de grains, ne joue aucun rôle. La protection de la plantule subsiste dans le cas d'une double contamination (grains et sol). Si l'on mélange l'arsénite de cuivre à des poudres inertes (dont les métaux sont légers), l'effet de stérilisation diminue dans les mêmes proportions que le titre salin, ainsi qu'on le constate à la récolte.

Le problème de la stérilisation du sol est résolu, dans le cas de la carie, en traitant les semences comme d'habitude, mais il est indispensable d'utiliser l'arsénite de cuivre, ainsi qu'en témoignent les résultats de deux années.

On voit que l'étude du traitement de la carie est en rapport avec d'autres questions de chimiothérapie.

4° Certains sels sont sans effet dans le traitement préventif : le chlorure et le carbonate de sodium, le carbonate, le chlorure et le sulfate de potassium (jusqu'à 1.000 grammes par quintal), le sulfate de peroxyde de cerium, l'oxyde d'or, l'oxyde de platine; par contre, d'autres sels, tels que le pyroantimoniate de soude, le sélénite de soude (homologue de l'arsénite), sont des antiseptiques très puissants, équivalents aux sels de cuivre les plus toxiques; mais ils réduisent le pourcentage germinatif. Les mélanges de talc et de colorants (auramine 1-4 %) n'offrent aucun intérêt.

La sélection des variétés résistantes est encore à l'étude (on trouve peu de variétés aptes à la propagation) ainsi que le traitement à sec des charbons externes de l'Orge et de l'Avoine.

5° L'addition de 1/1000 de bleu de méthylène ou de vert de méthyle aux mélanges contenant du chlorure cuivrique n'altère pas la faculté germinative des semences du Froment et de l'Avoine. La coloration bleu foncé des poudres contenant du bleu de méthylène et la couleur vert clair due au vert de méthyle permettent de distinguer très facilement les grains traités de ceux n'ayant pas subi de désinfection préventive. Ces poudres teintées conservent leur aspect initial pendant plus de quatre mois.

ALBERT PETIT

OBSERVATIONS SUR LE CHARBON DU BLÉ

(USTILAGO TRITICI)

Le charbon interne du Blé se constate irrégulièrement dans les champs de céréales en Tunisie; une année on aperçoit, au printemps, des épis sortant des gaines, complètement noircis, transformés en une poussière noire, dont les fines particules se disséminent et contaminent les inflorescences saines. Certaines variétés adaptées au climat montrent une susceptibilité marquée vis-à-vis du charbon. Ainsi le Blé tendre *Mahon*, barbu, est plus sensible que les variétés mutiques. Nous nous sommes demandé s'il était possible de recueillir des grains provenant d'épis résistants, s'il était intéressant de substituer la chaleur sèche à la chaleur humide dans le traitement des semences.

1° *Comportement de la descendance d'un pied partiellement charbonné.*

Nous avons semé les grains provenant d'un épi de *Mahon* partiellement charbonné. Le pied d'ailleurs complètement atteint à l'exception d'un seul épi. Le même prélèvement a été effectué sur un pied de *Baroota* dans des conditions similaires. Ce dernier avait 6 épis partiellement charbonnés et 20 épis indemnes. Il s'agit de savoir si les semences épargnées (le dixième de l'épi environ) possèdent une immunité acquise. On sait, en effet, que les épis partiellement charbonnés sont peu fréquents; généralement, les inflorescences sont complètement détruites.

Au lieu de semer une partie de la récolte de chaque génération comme on procède en culture pédigrée, nous avons été amené à semer toutes les graines de chaque génération de la descendance de chaque pied, car le charbon est peu fréquent. Alors que tous les plants de Blé sont porteurs de pustules d'urédospores de rouilles, que les épis des Blés, contaminés artificiellement par la carie, hébergent presque tous du mycélium (à tel point qu'une coupe révèle toujours le parasite), le charbon, au contraire, même après une contamination artificielle, est relativement rare : un pourcentage d'épis charbonnés de 1 % est très élevé. C'est pour cette raison qu'il est indispensable de semer le maximum de grains, et il n'a pas été possible d'employer la méthode pédigrée au delà de la F^3.

Nous avions récolté initialement 5 grains de *Mahon* et 7 grains de *Baroota*. Le *tableau I* représente le schéma d'ensemble des observations. Chaque numéro désigne la descendance de chaque grain récolté dans les deux variétés.

TABLEAU I

Comportement de lignées issues d'épis partiellement charbonnés

Année	MAHON Récolte	MAHON Nombre d'épis charbonnés	BAROOTA Récolte	BAROOTA Nombre d'épis charbonnés
1re	Un épi, partiellement charbonné, ayant cinq grains.		Un épi, partiellement charbonné, ayant sept grains.	
2e	1, un pied.....	0	1, un pied.....	0
	2, —	0	2, —	0
	3, —	0	3, —	0
	4, —	0	4, —	0
	5, —	0	5, —	0
			6, —	0
			7, —	0
3e	1, 6 lignes de 10 m...	1	1, une demi ligne.....	0
	2, 4 — ...	1	2, —	0
	3, 10 — ...	1	3, —	0
	4, 2 — ...	0	4, —	0
	5, 10 — ...	2	5, —	0
			6, —	0
			7, —	0
4e	4, 16 lignes de 10 m...	2	2, 8 lignes de 10 m...	9
			5, 6 — ...	5
			6, 6 — ...	6
			7, 4 — ...	»
5e	»	»	7, 20 lignes de 10 m...	60

Dans le cas du *Mahon*, les grains donnent naissance à des pieds indemnes, de sorte que l'on est en droit de supposer l'absence du germe pathogène dans les semences de la F^3. Or nous assistons à la réapparition du charbon dans la plupart des lignées (F^4 et F^5). Les grains appartenant à la lignée saine furent semés seulement au printemps; on constate à la récolte deux épis charbonnés. Chez le *Baroota*, la présence du charbon n'est visible qu'à la F^4; les lignées ne montrant aucune infection interne pendant la F^2 et la F^3. Quelques lignées furent perdues, par suite de l'inondation d'une partie du champ d'expérience, de sorte que quatre lignées sont semées en F^4. Comme une lignée a 1.000 pieds environ, on peut établir les proportions suivantes :

F^4 : lignée 2; 8.000 pieds dont 9 sont atteints par le charbon
5; 6.000 — 5 —
6; 6.000 — 6 —
7; 4.000 — 0 —

Soit 20.000 pieds ayant 20 épis charbonneux, soit 1/1.000. Un seul lot de 4.000 épis est sain.

Il est curieux de constater que l'infection peut ne pas se manifester

pendant une génération chez le *Mahon*, et deux générations chez le *Baroota*. On ne peut pas en déduire ici l'existence, généralement admise, d'une maladie inapparente; pour que cette hypothèse fût rigoureusement justifiée, il eût été nécessaire d'éviter la contamination extérieure et de constater la présence du mycélium dans le grain (travail difficile et long). Mais il est certain que le fait de choisir des grains dans de telles conditions ne présente aucun avantage, car les plants qui en proviennent n'ont aucune immunité acquise.

Nous avons déjà constaté un fait de ce genre chez les Blés cariés. L'expérience montre qu'on ne peut pas isoler des plantes immunisées, d'obtenir un progrès au point de vue de la résistivité. En observant le comportement de plantes provenant d'épis partiellement cariés ou même de pieds ayant totalement résisté, et cela pendant plusieurs générations, on assiste parfois à un changement apparent des proportions des cas de parasitisme. En choisissant des semences provenant de pieds ayant résisté à la carie, nous avons obtenu en F^2, 20 % d'épis cariés, alors que le témoin était atteint dans la proportion de 80 %. Cet avantage ne s'est pas maintenu en F^3; il était impossible de différencier les lignées témoins des autres.

On peut conclure que la résistance acquise par certains plants d'une même variété n'est pas héréditaire vis-à-vis des *Ustilaginées*. On peut aussi formuler la même conclusion au sujet des *Urédinées*. La sélection porte en réalité sur un caractère fluctuant de la variété dont il est quasi impossible de modifier définitivement les aptitudes dans de notables proportions. Nous constatons dans le domaine phytopathologique les faits observés par F. Bell au sujet de la question des gros grains et des petits grains. Les plantes issues de semences de volumes différents donnent des plantes pareilles à tous égards et des récoltes identiques.

Il existe d'autre part des influences masquant les faits : la densité de semis a, par exemple, une influence certaine. On est frappé de ce que en culture dédigrée les pieds sont généralement sains alors que dans la culture normale (en lignes), ou en culture serrée on observe fréquemment des épis charbonnés. Une remarque analogue a été notée par C. Chabrolin au sujet de la rouille noire : les cultures serrées sont celles où la rouille sévit avec le plus d'intensité.

Mais peut-être que la présence des barbes constitue une cause de fixation d'un plus grand nombre de spores à l'épiage. L'ouverture des glumes serait facilitée ainsi que l'infection; les blés tendres mutiques sont beaucoup moins sujets au charbon que le *Mahon*.

2° *Action de la chaleur sèche sur le charbon interne.*

Nous avons observé l'effet de la chaleur sèche, comparativement à la méthode de Jensen. Les semences soumises à l'action de la chaleur hébergeaient du mycélium : la contamination avait été réalisée au printemps par secouage de touffes charbonnées sur les inflorescences.

Les cinq lignes de *Mahon* témoin avaient 52 épis charbonnés, soit

1 %, alors que dans les 5 lignes dont les semences avaient subi le traitement de Jensen (immersion dans l'eau à 53°5 pendant 5 minutes) on comptait 8 épis charbonnés. Dans les lots dont les grains avaient été soumis à l'action de la chaleur sèche à 60° pendant 24 heures, la proportion d'épis charbonnés était d'environ 0,5 % (25 épis charbonnés). Enfin, une exposition de 20 jours à la radiation solaire pendant le mois d'août avait réduit les dommages à 18 épis détruits.

On sait combien la méthode à l'eau chaude est d'application délicate, qu'elle est virtuellement peu pratique dans le cas où l'on est obligé d'immerger de grandes quantités de semences. L'emploi de la chaleur sèche constituerait déjà un progrès, et nous avons pensé que l'enrobage des semences dans le noir animal, que leur coloration en rouge par l'érythrosine faciliterait l'absorption des rayons calorifiques, et qu'il en résulterait une élévation plus grande de température. Les faits démontrent qu'on n'obtient qu'une légère diminution d'épis charbonnés dans les lots dont les semences ont été exposées à la radiation solaire. Nous nous sommes demandé la raison de cet échec, et des mesures de températures ont été notées (voir tableau II).

Tableau II

Température du Blé Mahon *exposé à la radiation solaire en couche mince*; e, *température de la couche externe à la profondeur de 2,5* c/m; i, *température de la couche interne (5* c/m)

Jours	Heures							
	8 h. 30		10 h. 30		2 h. 30		4 h. 30	
	e	i	e	i	e	i	e	i
1er août....	43°	40	43,5	41	»	»	»	»
2 —	37,5	33.5	»	»	39	36	38	36
4 —	41	34	48	44	»	»	»	»
6 —	41	33	45	41	48	46	46	44
7 —	41	32	47	42	46	44	49	43
9 —	38	33	43	40	49	43	48	42
10 —	38	33	41	37	46	41	45	40
11 —	40	32	46	42	48	42	»	»
18 —	38,5	29,5	39,5	36	44	41	39	38
19 — ...	35	34	38	36	39,5	38	36,5	35
22 — ...	43	38,5	42	35,5	46	45,5	45	43
24 — ...	32,5	29	42	35,5	46	45	47	41,5
25 —	34,5	31	43	39,5	37	28,9	40,5	39,5

On peut se rendre compte qu'il est inutile d'étaler les grains en une couche dont l'épaisseur est supérieure à 2,5-3 c/m. La couche de grains de 5 c/m d'épaisseur est généralement à une température inférieure de 2° au moins à celle de la couche superficielle; cette différence atteint souvent 5°. En éliminant les chiffres des températures à partir du 11 août, date au delà de laquelle l'intensité de la radiation est déjà en

baisse sérieuse, on voit que la température de la couche externe est bien inférieure à 55°. Pendant la première quinzaine d'août, la température la plus haute est généralement supérieure à 40°; on approche parfois 50° entre 2 h. 30 et 4 h. 30. L'exposition quotidienne est d'environ huit heures. On voit qu'il est impossible de tirer un bénéfice du séchage des grains au soleil en vue de tuer les germes de charbon, même par temps de siroco, pendant lequel la température du grain n'est pas supérieure à celle qui est notée par temps clair, contrairement à ce qu'on pourrait supposer. Il est donc indispensable de s'adresser au chauffage artificiel, afin d'obtenir des températures supérieures à 65°. Des expériences ultérieures envisageront ce problème. Nous observerons aussi si le chauffage à la chaleur sèche est efficace contre certaines maladies, observées consécutivement au gel et dont les symptômes extérieurs ressemblent dans une certaine mesure au *black-schaff*. Dans les glumes et les divers organes lésés, on rencontre toujours des Bactéries saprophytes du groupe *Pseudomonas* vivant en association avec des champignons où dominent les formes *Septoria*.

D'après certains faits récemment observés (traitement à l'eau chaude de Jensen (parfois positif), la prophylaxie serait identique à celle du charbon du Blé.

En résumé, l'étude du comportement de la descendance de plantes du Blé, provenant d'épis partiellement charbonnés, montre qu'en général, il n'y a aucune immunité acquise.

D'autre part, l'action de la chaleur solaire n'est pas assez intense pour être utilisée; la radiation n'atténue que dans une faible mesure la virulence du germe fongique. Seuls, des essais de chauffage artificiel (à sec) peuvent être envisagés; la température ne devra pas être inférieure à 60° pour une durée de 24 heures. Un tel traitement sera aussi étudié s'il y a lieu pour la maladie des céréales, observée consécutivement au gel.

La vitalité des germes pathogènes situés à l'intérieur des semences paraît être supprimée par une méthode identique.

ALBERT PÉTIT

De la Transmission des Rouilles des Céréales en Tunisie

PLAN DU TRAVAIL

Exposé des faits observés

A. *Observations sur les plantules de Blé vivant à l'abri des poussières atmosphériques :*

1° En serre froide.
2° Sous cloche.
3° Blés croissant dans une cage vitrée close.

B. *Observations faites sur des plantes vivant à l'air libre :*

1° Expériences réalisées dans des pots; la germination et la maturité ont lieu à des dates normales.
2° Semis réalisés à des périodes successives.
3° Examen des terres après le développement des urédospores, contamination téleutosporique.
4° Urédospores enfouies dans le sol.
5° Urédospores de l'air.
6° Absence de plantes hôtes.
7° Date à laquelle la rouille s'observe la première fois après les semailles.
8° Existence de foyers de rouille.
9° Coupes de tissus de Blé (feuilles et tige), pratiquées à diverses époques, avant l'apparition des urédospores.

Interprétation des faits observés

A. *Le sol.*

B. *La rouille se transmet-elle héréditairement; l'agent vecteur est-il l'hôte, la plante elle-même ?*

1° Mycoplasma.
2° Urédospores et téleutospores des semences.

C. *L'air est le milieu dans lequel les germes de la rouille sont transportés.*

1° L'infection est-elle due aux écidiospores ?
2° L'infection et les téleutospores.
3° Les urédospores.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La lutte contre les rouilles.

Depuis quelques années, des expériences ont été tentées au Service Botanique sur la transmission des rouilles des céréales : sur le milieu de propagation, le germe de la propagation et, par voie de conséquence, sur le traitement qui sera examiné ultérieurement.

F. BŒUF a observé dans les champs que la rouille, spécialement la rouille noire (*Puccinia graminis*), se déclare spontanément, en apparence, fait qui l'entraîne à considérer l'apparition de la maladie comme une épidémie d'extension très rapide, se propageant simultanément. Tous les pieds de Blé sont d'emblée porteurs de pustules rouges, et l'on peut croire à l'homogénéité de toutes les parcelles du champ.

C. CHABROLIN a récemment insisté sur les données météorologiques de la propagation des rouilles. Il a observé que plus la densité des plants est grande, plus la rouille noire sévit avec intensité, surtout dans les parties humides. La sensibilité varie d'ailleurs selon les variétés de Blé tendre, l'exposition du sol et la configuration de ce dernier. Des pluies fréquentes en mars ont provoqué une extension générale de la rouille noire, qui est rarement dangereuse, en raison de la précocité des variétés propagées par le Service Botanique.

Les faits cités dans ce mémoire ne constituent pas une étude étendue et définitive. Nous avons eu surtout pour but de reconnaître si la rouille est une maladie interne se transmettant héréditairement, si c'est une maladie d'origine banale, causée par des germes transportés par les courants aériens. Nous examinerons successivement le comportement des plantes soustraites à l'air libre ou placées en plein champ. Nous citerons d'abord les faits expérimentaux; nous les interpréterons; nous tirerons des conclusions qui nous paraissent légitimes, et nous envisagerons la lutte contre la rouille.

EXPOSÉ DES FAITS OBSERVÉS

A. OBSERVATIONS SUR LES PLANTULES DE BLÉ A L'ABRI DES POUSSIÈRES ATMOSPHÉRIQUES

1° *En serre froide* (climat sec). On a placé des plants de *Bump*, Blé tendre, très sensible aux trois espèces de rouilles, spécialement à

Puccinia glumarum, dans des pots de terre suffisamment grands pour que le développement normal de la végétation soit assuré. Chaque série de pots est séparée des autres de manière à ce que les chances de contamination soient réduites au minimum. Chaque lot est formé de 10 pots contenant deux pieds de Blé.

1re Série. — *Lot a*. Ce Blé est semé dans de la terre contaminée renfermant des urédospores: les pots sont enlevés dès l'apparition des taches de rouille.

Lot b. Cette terre ne contient pas de germes de rouille. Autour de chaque pied de Blé, on a déposé un peu de terre prélevée du lot *a*.

Lot c. Blé croissant dans de la terre mélangée à des germes de rouille; il est placé en serre avant l'apparition des premiers symptômes.

Lot d. La terre stérile est arrosée avec des urédospores recueillies au printemps de l'année précédente. Ces pots seront enlevés dès l'apparition de la rouille et placés à l'air libre.

2e Série. — *Lot e*. La terre stérilisée dans laquelle on a semé des grains traités aux antiseptiques (immersion dans le sulfate de cuivre, poudrage).

Lot f. Les plants du Blé croissant en terre stérilisée sont aspergés avec de l'eau ayant en suspension des urédospores récemment récoltées.

Lot h. Les conditions sont identiques à celles du lot *f*. Les feuilles sont aspergées avec de l'eau ayant en émulsion des urédospores de l'année précédente.

Nous constatons que les lots *a*, *b*, *c* et *h* ne rouillent pas. Au contraire, il est facile de provoquer la contamination du lot *d* en le plaçant à l'air libre. Nous avons aussi pu contaminer les feuilles du lot *f*, en des points choisis à l'avance, par ensemencement. Cela prouve que la rouille se déclare si les feuilles du Blé sont infectées par des urédospores de l'année même.

2° *Culture sous cloche*. Les grains, après avoir été stérilisés soigneusement, ont été placés dans de la terre privée de microorganismes.

La cloche est traversée de tubulures obturées avec du coton hydrophile. L'arrosage, d'ailleurs insignifiant, est effectué au moyen d'un siphon, qui reste d'ordinaire bouché. Il n'a pas été possible d'observer la rouille à aucun moment du développement. Il n'a pas été vu de contamination urédosporique, malgré les tentatives d'inoculation, avec des germes de l'année précédente.

3° *Blés croissant dans une cage vitrée, close*. L'air est filtré à travers des ouvertures garnies de coton hydrophile qui sont placées au bas et au sommet. Il est assez difficile d'obtenir un développement normal de la plante : on est obligé de choisir une variété ayant une

vigueur normale de végétation. Par des arrosages déterminés avec soin avec de l'eau contenant de petites quantités de sulfate de potasse, de nitrate de soude et des traces de fer, on arrive à obtenir des plantes parvenant à complète maturation. D'ailleurs, la terre stérilisée à la chaleur est d'une fertilité accrue. La cage est préalablement lavée au formol à 5 %; ensuite on brûle 100 grammes de soufre. Les pots sont alors placés dans une solution de formol à 5 % et remplis de terre (2.000 gr.), stérilisée par un séjour de 24 heures dans l'étuve à dessiccation, puis au stérilisateur à 200°. Le grain est lavé dans une solution de sulfate de cuivre à 1 %, suivant la technique de l'immersion préalable, puis enrobé dans du chlorure cuivreux.

a. Le Blé *Bump* est semé en terre stérile (*fig. 1*). Ce Blé, de taille moyenne, atteint une maturation complète. Nous n'avons pas distingué de sores à urédospores sur la tige, les feuilles et les épis.

b. Du Blé *Hussar*, très sensible à *Puccinia graminis*, vit dans les mêmes conditions qu'en *a*. Comme précédemment, la durée de la végétation est d'environ six mois. Pas d'urédospores.

c. La terre stérilisée a été arrosée abondamment avec une émulsion d'urédospores et de téleutospores de *Puccinia graminis Tritici*, provenant de l'année précédente. Sur les feuilles de *Bump* il s'est formé deux sores urédosporifères microscopiques.

d. Blé *Bump* semé en terre stérilisée. Pendant la végétation on a disséminé sur les feuilles des urédospores de *Puccinia Triticina* de l'année. On aperçoit, quinze jours plus tard, de nombreuses sores à urédospores.

e. On a mis à germer des grains de *Bump* provenant de plantes n'ayant pas rouillé l'année précédente (le milieu est stérilisé): aucune rouille n'apparaît.

B. Observations faites sur des plantes vivant a l'air libre

1° *Expériences réalisées dans des pots. Le semis et la maturité ont lieu à des dates normales.* — L'arrosage à l'eau de citerne convient aussi bien que l'arrosage à l'eau de Zaghouan. Le meilleur procédé consiste à utiliser de l'eau potable stérilisée au Chamberland.

a. Les pots contenant de la terre stérilisée sont recouverts de sable séché au stérilisateur, et placés sur du mâchefer. Il est facile de conserver le sol dans un état de propreté absolue, au moyen d'antiseptiques. On provoque la germination du grain *Bump* n'ayant pas rouillé l'année précédente et provenant d'une partie de la récolte recueillie dans la cage vitrée. Au printemps, ces pieds, placés à l'écart, sont atteints d'une infection primaire, qui se révèle sur quelques feuilles par la présence de taches rouges minuscules.

b. Même expérience, mais en se servant de grains de Blé ayant rouillé. Ces grains ne retiennent pas d'urédospores. La rouille s'est déclarée à la même époque qu'en *a*.

FIG. 1. — CAGE DE CULTURE, VITRÉE, EMPÊCHANT TOUT APPORT DE SPORES DE L'EXTÉRIEUR.

c. On s'arrange pour qu'un grain de Blé germe entre des dalles de pierre très larges, de plusieurs mètres carrés de surface, et l'on recouvre de paraffine le pourtour de la tige, après sa sortie, de manière que les racines ne soient pas au contact de l'atmosphère. Cette plante présente des sores à *Puccinia glumarum* simultanément avec le Blé des expériences décrites précédemment (*a*. *b*.).

d. Le Blé est cultivé dans de la terre contenant environ 10 % de sels de cuivre (carbonate basique et acétate neutre). La végétation est peu normale, mais la récolte est faible: on ne voit que deux grains par épi. La rouille se constate avec la même intensité que sur les Blés vivant dans de la terre sans cuivre.

e. Même fait si l'on arrose la terre stérile avec une solution de sulfate de cuivre; l'arrosage étant pratiqué de manière que la plante ne mente pas. Les solutions doivent être très diluées. Le cuivre n'entrave pas le développement normal du parasite.

f. Nous avons enregistré les mêmes constatations sur d'autres variétés de Blé (*Mahon*, *Mekki*, *Richelle*, *Baroota*) semé dans de la terre mélangée à 1 1.000 de soufre, de carbonate de cuivre, d'arséniate ou de sulfate.

g. Blé témoin, semé dans de la terre non stérilisée. Les trois formes de rouille se développent successivement : *Puccinia glumarum*, *P. Triticina*, *P. graminis*. Les grains n'ont pas été lavés dans la solution cuprique.

h. Le grain est lavé dans une solution de sulfate de cuivre. La germination a lieu dans du sable placé sur la terre non stérilisée.

Les lots *g* et *h* sont atteints par la rouille.

2° *Semis réalisés à des périodes successives*. — Nous avons observé de la rouille sur les plantes vivant dans des pots en plein champ, lorsque certaines conditions de contamination sont réalisées.

a. Semis successifs effectués dans des pots.

Date des semailles	Epiage	Présence de la rouille		
		P. glumarum	P. graminis	P. triticina
25 novembre.....	8 avril.....	+	0	+
3 août.....	7 octobre....	0	0	0
19 septembre.....	10 décembre..	0	0	0
22 octobre.....	20 février....	0	0	0

On voit que la rouille ne se transmet pas pendant la période estivale. Mais si, au lieu de séparer chronologiquement les plantes porteuses d'urédospores de celles qui épient après la récolte normale (en juin), on s'arrange pour conserver, à une période donnée, des plants dont certains sont rouillés, en semant tous les quinze jours, on cons-

tate que la rouille jaune devient pérennante. Cette pérennité est alors due à des contaminations secondaires. Si les pieds sains sont séparés de ceux porteurs de sores, on n'observe pas de rouille.

b. Semis successifs en plein champ. Il est difficile de se rendre compte de la pérennité de la rouille, parce que la maturité et le développement normal des repousses de Blé sont entravés par la dessiccation du sol. On peut cependant affirmer que le Blé peut être atteint par la contamination urédosporique secondaire, pendant tout son développement. Bien que l'on puisse conserver certains pieds tout l'été, nous avons rarement constaté de rouille. On peut faire la même observation en ce qui concerne l'Orge. Au contraire, l'Avoine peut être parasitée par *Puccinia graminis avenæ* et par *P. coronata* en toute saison. Toutes les feuilles de la base sont rayées presque en totalité par les sores à urédospores, bien caractéristiques. L'origine de la contamination date du 20 octobre de cette année, parfois du 25 septembre.

Toutes les rouilles : *Puccinia glumarum*, *P. graminis*, *P. simplex*, ne sont pas pérennantes; *P. graminis avenæ* et *P. coronata* peuvent contaminer l'Avoine pendant l'été.

Tous les Blés dont il vient d'être question dans les expériences des semis successifs sont issus de semences ne contenant pas d'urédospores, afin d'éviter l'infection possible de la plantule par le mycelium.

3° *Examen de terre après développement des urédospores. Contamination téleutosporique.* — Comme il a été constaté que les excreta du cheval et du mulet contiennent de nombreuses téleutospores, on peut se demander si ces germes, appartenant à *Puccinia coronata* et *P. graminis*, contaminent les plantules. La grande taille des téleutospores et des urédospores facilite leur isolement par centrifugation.

Dans la terre de jachère simple (sans Légumineuses), on trouve quelques Bactéries, peu nombreuses en examen direct, et des spores de divers *Pleospora*. On n'a pas rencontré d'urédospores et de téleutospores, pourtant si fréquentes dans des chaumes.

On ne peut pas conclure que les formes urédiniennes de résistance sont absentes; nous n'avons pas aperçu de conidies de *Fusarium;* il eût été nécessaire d'examiner des quantités considérables de terre. Les uredospores et téleutospores sont rares dans le sol. Les téleutospores ne paraissent pas être pathogènes.

4° *Les urédospores placées dans le sol.* — Nous avons enfoui superficiellement (2-3 $^{c.m}$ de profondeur) des feuilles de Blé et des chaumes porteurs de sores à urédospores, après la récolte, en juin. Ces urédospores étaient complètement détruites au mois de février. La destruction étant très précoce, les débris des tissus, difficiles à reconnaître, étaient envahis par les microorganismes. Les urédospores ne se conservent pas dans le sol.

Bien avant l'apparition des premières sores sur le Blé, les urédos-

pores du sol sont détruites. La durée de conservation des spores de printemps est inférieure à six mois.

5° *Urédospores de l'air.* — Afin de savoir si les urédospores sont transportées d'une contrée à l'autre par les vents, qui sont très violents en Tunisie, nous avons disposé, bien avant l'apparition des premières taches de rouille sur le Blé, des séries de lames porte-objets, enduites de glycérine, fixées sur des planches qui furent exposées à différentes orientations. Exceptionnellement, en cherchant sur les lames (au nombre de plusieurs centaines), on rencontre quelques spores ayant les caractères morphologiques des urédospores. Ces spores avaient perdu leur coloration par suite de la disparition du lipochrome. La germination n'a pas été possible même après isolement. Il s'agit vraisemblablemnt d'urédospores provenant de meules de paille, situées à proximité du lieu de capture.

Il n'a pas été possible de constater la présence d'urédospores dans l'air antérieurement à l'apparition des rouilles. Cette affirmation n'est pas absolue; ce mode de transport aérien peut passer inaperçu en raison de la rareté des spores.

6° *Absence de plantes hôtes.* — Au mois de décembre, on aperçoit dans les olivettes, à proximité des champs de céréales, des peuplements de *Ranunculus bullatus*. Ces Renonculacées étaient couvertes de pustules æcidiennes. Les tentatives de germination d'æcidiospores sur le Blé ont échoué. Il n'a pas été trouvé de plantes hôtes connues. La rouille du Chiendent, *Puccinia Agropyri*, une autre espèce, *P. Allii*, les urédospores formées sur *Setaria viridis* ne correspondent pas aux rouilles du blé.

7° *Date à laquelle la rouille s'observe la première fois après les semailles.* — On ne rencontre généralement pas de sores à urédospores avant le mois d'avril, date à partir de laquelle l'épidémie se déclare, sur les variétés susceptibles, tout au moins. Les observations doivent surtout porter sur les variétés très sensibles. Vainement, nous avons cherché les traces du parasite dans les champs de variétés adaptées au pays, non seulement près de la mer, mais aussi dans les régions caractérisées par un degré élevé de continentalisme.

Nous avons décelé, à la base des feuilles d'une forme de *Triticum Spelta* et d'une forme de *T. vulgare albidum*, des sores à urédospores de *Puccinia Triticina*, le 10 janvier 1931; la contamination a dû se produire vers le 15 décembre. Nous voyons une nouvelle preuve de la réceptivité du Blé un mois après les semailles.

8° *Existence de foyers de rouilles.* — *a*) Lorsqu'on observe avant la contamination secondaire (15 jours à 1 mois) les céréales et les repousses, — ces dernières se trouvant à différents états de développement (plante herbacée, pied ayant tallé, épiage, etc.), — on voit que l'infection se constate sur quelques pieds disséminés irrégulièrement; on a l'impression que les taches de rouille sont causées par un ensemencement de spores qui seraient apportées par l'air. En culture ser-

rée, cet état de contamination initiale est fugace, et la maladie prend très rapidement une extension considérable.

b) Les plantules de Blé tendre ou de Blé dur qui croissent à l'abri du vent ou dans une tranchée profonde sont indemnes de rouille durant une période qui dépasse de beaucoup celle pendant laquelle on ne constate pas de sores sur les plantes vivant à l'air libre.

c) Il arrive fréquemment que des pieds isolés, situés en terrain découvert, restent sains. Le même fait a été aussi enregistré au sujet de *Puccinia Malvacearum*. Nous retiendrons ces observations lorsque nous discuterons la théorie du mycoplasma.

9° *Coupes de tissus de Blé (feuilles et tiges) à diverses époques avant l'apparition des urédospores.* — De l'examen de coupes, colorées soit au bleu coton, soit au carmin acétique, ou effectuées suivant la technique classique à l'hématoxyline, aux bleus métachromatiques, nous pouvons conclure que le parasite est initialement ectodermique, et que c'est progressivement qu'il envahit les couches profondes des tissus chlorophylliens. Le mycoplasma n'a pu être mis à l'évidence.

Les faits, que nous avons notés ou que nous avons provoqués expérimentalement, paraissent constants: nous les confrontons, avec les hypothèses qui ont été émises, pour expliquer l'apparition et la transmission des rouilles. Les interprétations déduites de la comparaison des faits sont discutées dans le paragraphe ci-après.

INTERPRETATION DES FAITS OBSERVES

Dans la question de la transmission primaire, nous envisagerons quel est le milieu où elle se produit, et quel est l'agent de la transmission.

A. Le sol

On peut soutenir l'hypothèse que la transmission s'effectue par l'intermédiaire du sol. Souvent, les taches de rouille apparaissent d'abord sur les feuilles inférieures: on peut supposer que celles-ci seraient ensemencées par les spores entraînées dans les gouttes de pluie qui rejaillissent du sol. Le fait que, peu après la naissance des premières sores, la maladie paraît se déclarer simultanément dans tout le champ, cadre aussi avec cette supposition. Mais il s'en faut de beaucoup que ce soit toujours sur les feuilles de la base de chaque pied que l'on rencontre les sores formées en premier lieu. Le labourage provoque souvent une poussière abondante, de sorte que des spores de rouille peuvent être entraînées sur les champs ensemencés. Dans ce cas, il est nécessaire d'admettre l'hibernation des urédospores du sol ou la contamination téleutosporique, en l'absence de plantes hôtes, ce qui n'a pas été prouvé expérimentalement ni déduit des faits observés. La terre végétale, mélangée artificiellement, soit avec les spores de printemps, soit avec les spores estivales, ne contamine le Blé

même si la proportion des spores est grande à la surface du sol, si la contamination est massive. Cette circonstance est parfois réalisée dans la nature. Or, le Blé, croissant dans de la terre contaminée modérément (les chances d'infection étant quand même exagérées), soit dans de la terre stérile additionnée de terre contaminée, soit dans de la terre stérilisée, ne rouille pas, s'il est soustrait à l'action de l'air. Au contraire, les plantes placées à l'air montrent généralement de nombreuses taches de rouille, quel que soit l'état de contamination de la terre, même si celle-ci est protégée des courants atmosphériques par du sable fin, qui filtre les poussières de l'air.

Concluons que le sol ne joue aucun rôle dans la transmission des rouilles du Blé.

B. La rouille se transmet-elle héréditairement; l'agent vecteur est-il l'hôte, la plante elle-même ?

1° *Mycosplasma*. — Le savant mycologiste suédois Eriksson a supposé que la rouille existait dans les tissus de l'embryon sous forme de mycoplasma. Cette théorie a été exposée succinctement dans les Annales du Service Botanique de 1924. Cette manière de voir admise, on s'expliquerait parfaitement pourquoi l'extension des rouilles est brusque, puisque toutes les plantules montreraient à peu près simultanément les symptômes pathologiques. Cette théorie n'est pas en harmonie avec l'apparition brusque des rouilles sous l'effet d'une température chaude, succédant à des pluies printanières. D'autre part, la théorie du mycoplasma est absolument incompatible avec la non-contamination de variétés de Blé très sensibles croissant à l'abri de l'air, dans une serre, une cage vitrée, une cloche de verre: avec le fait que les épis ne sont jamais porteurs de pustules tant qu'ils sont protégés par la gaine. Les semences de Froment ayant germé dans un long tube à essai n'ont pas permis de mettre en évidence l'existence d'un germe interne. Et comment concilier le fait que l'on constate dans une même station, un même site, certains pieds de Blé indemnes, alors que des plants, appartenant à la même variété et situés à plusieurs centaines de mètres des précédents, étaient attaqués avec intensité. Comment expliquer que les pustules urédosporifères apparaissent d'abord au-dessus des feuilles chez le Blé, l'Orge, l'Avoine, le Seigle ? De plus, la rouille du Blé ne sévit qu'à certaines périodes bien déterminées, entre janvier et juillet. Or, si la théorie mycoplasmatique était exacte, on devrait constater des urédospores et du mycélium dans les lots de plantes épiant au cours de l'été, ce qui n'est pas. Ces plantes ont d'ailleurs conservé la même sensibilité puisqu'on peut les inoculer facilement. L'éloignement des plantes malades suffit souvent à préserver les plantes saines de la rouille. On peut aussi signaler comme constatations en désaccord avec la théorie de l'hérédité de la rouille chez le Blé, qu'un écran, le feuillage d'arbres formant voûte continue, un mur, suffisent parfois à empêcher les plantes de rouiller, et ceci en toute saison. Dans ces circonstances,

il y a absence de rouilles, due au manque de développement de germes. Quand les Blés sont espacés, selon qu'ils sont soustraits à l'air, pour les rouilles périodiques : *Puccinia graminis*, *P. glumarum*, *P. simplex*.

E. Butler a aussi observé l'absence de *P. glumarum* et de *P. Triticina* dans les endroits où les plantes sont plus espacées, tandis que le Blé était envahi par ces rouilles, en culture serrée, quand le semis est dense.

La seule explication logique consiste à admettre que l'infection provient de germes extérieurs à la plante. D'ailleurs Beauverie a montré que les corpuscules mycosplasmatiques n'étaient constitués que par des grains de sécrétion, des éléments figurés connus. Toutes les formations se colorent par les méthodes histologiques usuelles. De notre côté, il nous a été impossible de discerner une origine interne du mycélium dans les feuilles et les tiges. Dans tous les cas soumis à l'examen microscopique, l'envahissement a lieu de l'extérieur à l'intérieur, exactement comme l'indique la théorie classique.

On peut objecter, il est vrai, que l'existence de rouilles pérennantes, telles que la rouille du Chiendent, la rouille noire de l'Avoine (*P. graminis avenæ*), est conforme à l'explication d'Eriksson. Or, de l'épreuve du milieu (l'isolement de l'air libre), on conclut qu'il n'est pas possible de constater l'apparition de raies typiques sur les organes verts. On retombe alors dans le cas précédent, où l'on envisage l'origine aérienne de la rouille, c'est-à-dire sa transmission par des germes transportés dans l'air.

En résumé, la rouille est une maladie d'origine externe, se transmettant par des spores qui sont exportées par l'air, et l'infection est initialement localisée dans les tissus extérieurs de la feuille, de la tige ou de la glume.

2° *Urédospores et téleutospores des semences.* — Il est évident *a priori* que l'existence de germes situés à l'intérieur des tissus du grain, ou la rétention de spores par ce dernier, soit à l'extrémité pubescente, soit dans le sillon, doit faire penser à une transmission ayant une grande analogie avec celle de la carie, maladie causée par une *Ustilaginée*. La rouille des glumes est parfois si intense que, certaines années, la semence est enrobée dans une poussière d'urédospores. Ducomet en a constaté plus de cent par grain. Nous avons rencontré dans des grains de *Baroota* des téleutospores qui s'étaient formés dans les vaisseaux libéro-ligneux et dans les parois. Beauverie a montré que les urédospores peuvent se différencier à l'intérieur des grains d'Orge par suite de la pénétration du mycélium à travers la couche protectrice. Dans ce cas, la contamination est possible, mais elle n'a pas été prouvée; des démonstrations de ce processus n'ont pas encore été réalisées. La contamination téleutosporique n'est pas à craindre, comme nous le verrons plus loin, au sujet de *P. graminis*, dont les sores dépassent rarement le nœud sous-apical, qui est entouré à ce niveau d'un anneau de sores recouvrant complètement la tige, alors que l'épi et les glumes ne portent que

de fines raies très espacées. La souillure du grain serait possible au moment du battage. Mais la désinfection annuelle des semences contre d'autres parasites rendrait aléatoire ce mode d'infection. C'est également l'opinion de CHABROLIN.

C. L'AIR EST LE MILIEU DANS LEQUEL LES GERMES DE LA ROUILLE SONT TRANSPORTÉS

Tous les résultats des expériences qui ont été relatés sur la différence de comportement de plantes rouillées et vivant à l'air libre et de celles qui sont soustraites aux mouvements de l'atmosphère sans montrer de traces du parasite, deviennent compréhensibles, si l'on en déduit que les spores de rouille sont transportées par le vent. Trois sortes de spores ont été supposées capables de provoquer la rouille : les écidiospores, les téleutospores et les urédospores.

1° *L'infection est-elle due aux écidiospores ?* — Le fait que les lésions causées chez le Blé et l'Orge apparaissent à une période déterminée, généralement au début du printemps, nous porte à supposer la contamination écidosporique possible. Dans l'Algérie du Nord, la Numidie, on rencontre des æcidiums au début de l'année sur des Borraginées. On s'expliquerait de trouver en Tunisie quelques taches sur le Seigle, en supposant le transport des écidiospores d'une contrée à l'autre. Mais c'est au printemps que les téleutospores des céréales germent sur les *Berberis*. Chronologiquement, il y a pour l'infection printanière massive une superposition apparente de ces deux phénomènes. Les écidiospores, qui sont de petit diamètre, peuvent être entraînées par le vent à des distances considérables. Il est probable que les plantes hôtes doivent jouer un grand rôle.

D'autre part, nous avons observé que des *Rhamnus*, placés dans des champs d'Avoine, n'ont pas été sujets à la rouille couronnée, et l'on est bien forcé d'admettre que si la maladie est due parfois à l'existence de plantes hôtes, elle est aussi provoquée en leur absence. Il se pourrait aussi que la transmission s'effectue par des espèces hôtes non reconnues.

En Algérie, les écidiospores de *Berberis hispanica* attaquent plusieurs graminées. Selon MAIRE (*Urédinales hétéroxènes de l'Afrique du Nord*) : « Dans les montagnes, par contre, on trouve fréquemment une forme qui produit d'abondantes écidies sur les feuilles des *Berberis* parasitées. Nous avons observé, au contact des *Berberis* parasitées, dans les conditions de véritables expériences d'infection naturelle, le développement des téleutospores sur *Cynosurus elegans*, *Lolium perenne*, *Trisetum flavescens*, *Festuca atlantica*, dans l'Atlas de Blida sur *Avena macrostachya*, dans le Djurdjura sur *Cynosurus eurasiatus*, *Arrenatherium erianthum*, *Lolium perenne* dans l'Aurès. »

Dans Synopsis des Berberidées de l'Afrique du Nord, MAIRE signale l'existence fréquente d'une espèce vivant dans les champs de céréales des environs de Tébourba, *Leontice leonpetalum*.

D'après Stakmann et Levine, les téleutospores de *Poa compressa* peuvent germer sur *Berberis vulgaris*, de même que les écidiospores de *Berberis* contaminent *Poa compressa*. Or, cette graminée est une plante adventice des céréales en Tunisie. Dans les flores on signale aussi la présence de *Thalictrum* et d'*Ornithogallum*. Mais il ne semble pas que l'infection du Blé *P. Triticina* et celle de l'Orge par *P. simplex*, soient dues uniquement à l'existence respective de ces plantes hôtes. La question reste indécise en raison de ce que les plantules de céréales rouillent en l'absence manifeste de plantes intermédiaires. Nous n'avons rien à signaler à ce point de vue pour *P. glumarum*. Les formes écidiennes observées sur les *Ranunculus* en janvier, sur *Brunium*, *Allium* n'ont aucun rapport avec les rouilles de céréales.

2° *L'infection et les téleutospores.* — Ces spores sont les seules que l'on constate durant l'été en grande quantité sur les chaumes et les tiges restés sur le sol. Malgré la conservation très longue de ces formes de résistance, celles-ci ne paraissent pas être pathogènes pour le Blé. Les téleutospores des excreta, disséminées par les animaux domestiques, ne sont pas pathogènes pour le Blé.

3° *Les urédospores.* — Les urédospores naissent à chaque printemps en quantité considérable : ce sont des cellules se détachant facilement du mycélium, parfois avant leur maturité complète.

Il est nécessaire de savoir si les urédospores formées au printemps se conservent d'une saison à l'autre.

Durant l'été, il est difficile de trouver des sores, et c'est ce qu'a observé Maire. Cet auteur montre la régression du stade urédosporifère (*Champignons nord-africains nouveaux ou peu connus*) : « Sur toutes les graminées il y a, sous l'influence du climat algérien, régression du stade urédosporifère. On ne trouve que quelques urédospores dans les sores téleutosporifères. La période de repos commence en effet, pour le champignon, avec la sécheresse estivale, qui survient très tôt, après l'infection des graminées par les écidiospores; cette période de repos embrasse tout l'été, puis l'automne et l'hiver. La germination des téleutospores a lieu au printemps après la fonte des neiges, au moment où les *Berberis* épanouissent leurs bourgeons. »

Les urédospores du Blé ne peuvent se former qu'au printemps pour celles qui sont issues d'une infection écidiosporique, et pour les sores à urédospores que l'on voit bien avant cette époque, il est nécessaire d'invoquer un autre mode de transmission. On sait que l'extension des épidémies de rouille est due aux urédospores. Celles de *Puccinia* hétéroxènes se rencontrent en quantité notable pendant plusieurs années sur les chaumes préservés de la destruction parce qu'étant abrités par les meules ou les emplacements couverts, alors que les urédospores de *P. glumarum* ont disparu en presque totalité, car elles se détachent plus facilement des sores. Les urédospores enfouies dans le sol ne se conservent pas; il en est de même pour celles qui sont déposées à la

surface de la terre végétale, au printemps. En effet, du Blé, vivant sur un sol ensemencé par de très nombreuses urédospores, n'a pas été contaminé, bien qu'il fût placé dans un courant d'air, et que les feuilles fussent visitées par de très nombreux invertébrés. On possède des renseignements précis sur la germination et la conservation des spores de printemps.

La germination des urédospores nécessite la présence de l'air, de l'eau et de l'humidité (Beauverie). D'après Smith, la proportion optima de vapeur d'eau est en rapport avec la température : à 25°, les urédospores de *P. Sorghi* germent lorsque le taux d'humidité atteint 100 %. La germination des urédospores de *P. graminis* est arrêtée à 35-37° d'après Sibilia.

La vitalité décroît rapidement avec le temps. En novembre, 65 % des spores peuvent germer; en janvier, 4,2 % et en février 3,4 %. Différents auteurs ont déterminé des durées supérieures. Pour Maneval W. E., les urédospores de *P. Sorghi* se conservent 180 jours, et celles de *P. dispersa*, 61 jours, d'après Ward. Les urédospores de *P. coronifera* restent vivantes 84 jours, selon Fromme. Les urédospores de *P. coronata* germent encore après 91 jours, d'après Reed et Holmes, et 164 jours d'après Maneval. Les urédospores de *P. graminis* conservent leur vitalité pendant 92 jours. Ces chiffres ont été obtenus en laissant flotter les spores à la surface de l'eau distillée. Ducomet a trouvé des délais assez grands pour les urédospores de *P. glumarum* et de *P. Triticina*, qui auraient perdu toute vitalité 220 jours après la récolte. Celles de *P. graminis* ne resteraient aptes à germer que 20 à 30 jours (Sibilia).

Aux Etats-Unis, la rouille jaune a une extension considérable, puisqu'on la rencontre du Mexique jusqu'à la Colombie britannique. Les climats étant très différents d'une contrée à l'autre, il n'est pas étonnant que les urédospores pérennantes transmettent la rouille. D'après Humphrey, Hungeford et Johnson, la gravité de l'infection est sous la dépendance des conditions d'hibernation et des circonstances favorisantes au moment de la germination. La conservation de la rouille brune de Seigle se faisait sous la forme uredo dans l'Europe Centrale (E. Fischer). En Tunisie, les essais de contamination effectués avec les urédospores de l'année précédente sont restés négatifs.

L'extension et l'apparition des rouilles peuvent être déclanchées par l'existence d'espèces végétales qui infecteraient le Blé.

D'après Hoerner, *P. graminis* est capable, aux Etats-Unis, d'être transmise à un très grand nombre de plantes : *Agropyrum cristatum*, *A. alba*, *A. stonolifera*, *Alecoprurus geminatus*, *A. pratensis*, *Anthoxantum odoratum*, *Arrenatherium elantium*, *Avena fatua*, *Bromus erectus*, *B. purgans*, *B. tectorum*, *Calamagrostis canadensis*, *Dactylis glomerata*, *Elymus canadensis*, *E. robustus*, *Festuca elatior*, *Holcus lanatus*, *Hordeum pusillum*, *H. vulgare*, *Lolium italicum*, *L. perenne*, *Phalaris canariensis*, *Phleum pratense* et *Secale cereale*.

De Jaczewski et Maire ont fait respectivement la même remarque pour *Lolium perenne*. En Algérie, on constate la présence d'*Agro-*

pyrum repens (la rouille qui lui est spéciale est permanente), *Anthoxantum odoratum*, *Alecopurus pratensis*, *Arrhenatherium elatium*, *Avena fatua*, *Bromus tectorum*, *B. erectus*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Hordeum vulgare*, *Lolium sp.*, *Phalaris canariensis*, *Phleum pratense*. La plupart de ces espèces vivent en Tunisie, et quelques-unes de ces graminées existent dans les cultures. Ces espèces peuvent être une des causes de la transmission.

Hoerner a aussi publié une liste de graminées attaquées par les urédospores de *Puccinia coronata* : *Agropyrum caninum*, *A. desertorum*, *A. intermedium*, *Alecopurus geniculatus*, *Avena fatua*, *A. sterilis*, *Anthoxantum odoratum*, *Arrenatherium elatium*, *Bromus erectus*, *B. inervis*, *B. tectorum*, *Elymus robustus*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Hordeum jubatum*, *H. pusillum*, *H. vulgare*, *Lolium temulentum*, *Holcus lanatus*, *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Hystria patula*.

Pour le Blé, des observations de ce genre ont été effectuées par plusieurs mycologistes : Humphrey E. B., Hungeford C. W. et Johnson A. G.; ceux-ci se sont rendu compte de la contamination possible du Blé par les urédospores de *P. glumarum*, qui germent fréquemment sur *Hordeum jubatum* et *Bromus marginatus*, dans les conditions d'infection naturelle.

On peut en Tunisie expliquer l'existence de la rouille sans plantes hôtes. Un certain nombre de repousses de graminées spontanées se multiplient dans les endroits humides en été. Or, l'humidité favorise la sortie du tube germinatif de l'urédospore, comme nous l'avons constaté pour la rouille de *Setaria viridis*. Nous avons aussi vu des touffes feuillues d'Avoine, situées au voisinage d'une rigole, être complètement recouvertes de sores urédosporifères de P. *coronata*. Il serait nécessaire d'observer la germination des urédospores, provenant de plantes qui sont occasionnellement estivales, sur le Blé, et d'expérimenter les possibilités d'inoculations au moyen d'urédospores prélevées sur le Blé, en opérant à l'abri des poussières atmosphériques. Ce mode de production de spores, s'il était établi, devrait être considéré comme un facteur important.

Enfin, on doit retenir surtout le rôle des urédospores vivantes produites sur les repousses de Blé avant « la période à rouille ».

Cette explication nous paraît valable pour la rouille noire de l'Avoine, *P. graminis avenæ*, et pour *P. coronata*, puisque l'on constate ce parasite l'été. La contamination de l'Avoine date des premiers jours d'octobre, comme nous l'avons vu sur les repousses. Nous avons aussi signalé que les urédospores de *P. Triticina* se rencontrent vers les premiers jours de janvier, dans la nature; plus tard vers le 20 février, on aperçoit un certain nombre de taches urédosporifères sur beaucoup de pieds, et il semble bien que l'infection, d'abord localisée initialement sur une ou deux plantes par kilomètre carré, gagne progressivement, puis reste stationnaire, garde cet état latent, résultant peut-être des intempéries, jusqu'au moment où les circonstances météorologiques sont favorables à la germination de la plupart des uré-

dospores. Le petit nombre d'urédos paraît être en rapport direct avec la température ainsi que l'a observé Ducomet pour les rouilles d'hiver : *P. simplex*, *P. coronifera*, *P. Triticina*, *P. græminis avenæ*, et *P. glumarum* sur Blé, Orge.

Lorsque les racines sont abondamment irriguées, les variétés de Blé, dont la maturité est complète fin juin, tallent de nouveau, et la végétation devient continue : il se forme une prairie permanente. Cette pérennité de la végétation a lieu pour les repousses de Blé, d'Orge et d'Avoine, et les plantules issues de semences germées a contre-saison. Il ne faudrait pas envisager la dessiccation de la tige et des feuilles, qui d'ailleurs coïncide avec celle du grain, comme un état vers lequel tend fatalement l'évolution de la végétation.

Il est certain que s'il se trouve des plantes rouillées en été, la maladie se transmettra. Pour le Blé, la contamination est possible dans ces conditions puisque nous l'avons provoquée expérimentalement. Il est donc nécessaire de reconnaître patiemment les taches ou lésions de diverses origines, que l'on rencontre sur les repousses des céréales. Entre juin et le début de l'année, nous n'avons pas trouvé, il est vrai, de sores à urédospores chez les plants de Blé, issus de repousses après août. Dans l'expérience des semis successifs, effectués pendant l'été, nous avons vu précédemment que, lorsque les cultures d'âges différents (dont certaines sont contaminées) croissent dans une même aire, la conservation de *P. glumarum* a lieu par passage. Cette pérennité de l'infection a été démontrée dans le cas de circonstances favorisantes, notamment en ce qui concerne l'humidité du sol. Il reste à vérifier si les mêmes facilités épidémiologiques existent souvent dans la nature, et si ce processus est fréquent. Les circonstances favorisant la germination des urédospores se constatent en Tunisie pendant d'assez longues périodes. Durant l'automne et le printemps, une rosée abondante mouille les feuilles pendant la plus grande partie du matin. Les urédospores tombent sur les feuilles, sont au contact de l'eau et peuvent germer. Ducomet a signalé l'existence, en France, de *P. Triticina* et de *P. glumarum* en octobre, sur des plantes ayant levé au mois d'août.

On voit donc que si l'apparition des rouilles ne semble pas due aux urédospores hibernantes, qui proviennent de plantes épiant et tallant à époque normale, elle est possible par l'intermédiaire d'urédospores vivantes, formées sur les repousses.

On n'a pas examiné en détail les particularités biologiques relatives à *P. dispersa* et *P. simplex*, qui sont peu graves. Le mycelium paraît être dépourvu de propriétés toxinogènes; le plus souvent, la plante ne paraît pas souffrir de sa présence. C'est ce qu'on observe aussi avec l'*Helminthosporium* de l'Orge.

Pour l'historique détaillé de la question, il est grandement utile de consulter la monographie de Foëx et Ducomet : *Introduction à l'étude des rouilles.*

L'infection urédosporique est possible, mais il n'apparaît pas qu'elle soit exclusive au printemps. L'existence de foyers de rouilles

sur les repousses est une preuve de la contamination urédosporique. Les spores enfouies dans le sol ne sont pas pathogènes. L'origine et l'extension de la maladie qui se déclarent avec le relèvement de la température semblent dues aux urédospores existant sur les organes verts des plantes croissant à contre-saison.

RESUMÉ ET CONCLUSIONS

a) Des faits nombreux nous induisent à affirmer que les rouilles du Blé apparaissent, en Tunisie, à une période déterminée, que l'on peut fixer approximativement au 15 mars-1er avril. Il n'a pas été trouvé de plantes hôtes porteuses d'æcidiums capables d'infecter les feuilles de Blé.

b) Les plantes vivant dans un local clos, à l'abri des poussières atmosphériques, ne sont jamais infectées, quoique leur susceptibilité se conserve dans toutes les phases de leur développement et qu'elle reste constante en toutes saisons.

c) Les pieds, issus de semences provenant de plants n'ayant pas eu de rouille l'année précédente, sont contaminés dès qu'ils sont placés à l'air libre: par contre, l'existence ou l'absence de spores dans le sol n'ont qu'une influence secondaire. On observe la rouille sur le Blé semé dans de la terre stérilisée, et isolée des organes verts et de l'atmosphère. Les urédospores enfouies dans la terre végétale ne s'y conservent pas. L'adjonction de doses massives de sels cupriques au sol n'empêche nullement la rouille d'apparaître et de se développer.

d) Il a été observé des sores à urédospores sur des repousses bien avant la constatation de rouilles dans les champs de céréales. Nous avons signalé l'apparition de *P. graminis avenæ* et de *P. coronata* sur des repousses d'Avoine cultivée, un mois après les semailles. La rouille est pérennante si des repousses successives croissent dans des endroits humides où le sol est abondamment irrigué, à la condition qu'il ait existé au printemps des plantes porteuses d'urédospores à leur voisinage.

e) Une variété de Blé très sensible peut être rouillée intensément alors que des pieds abrités des vents dominants, appartenant à la même variété et semés à la même époque, dans les mêmes conditions, restent souvent indemnes, s'ils sont éloignés des foyers de contamination.

f) Ces faits s'expliquent si nous admettons que l'air est le milieu qui transporte les germes pathogènes et que l'infection urédinienne est une des causes initiales. Cette conclusion est corroborée par le fait que le parasite envahit à l'origine les tissus extérieurs et qu'il s'étend progressivement dans les couches internes pour atteindre souvent des vaisseaux libéro-ligneux. La diminution du nombre de sores consécutivement à des pulvérisations d'antiseptiques s'accorde avec cette manière de voir, que nous adopterons.

La rouille peut donc être transmise par l'intermédiaire de jeunes plantes porteuses d'urédospores, mais il est aussi possible qu'elle résulte de la germination d'écidiospores transportées par l'air, et qu'elle soit aussi provoquée par le voisinage de plantes hôtes inconnues.

Lutte contre les rouilles

Les rouilles causent des dégâts énormes aux récoltes chaque année. Dans la Revue internationale pour la protection des Plantes, il est cité des chiffres élevés concernant les pertes d'argent dues aux rouilles.

Certaines années, les Blés les plus résistants sont couverts de rouille dans les régions humides et basses. Nous avons même observé des pustules de rouille sur du *Triticum monococcum* et sur *Triticum durum*. Il est extrêmement difficile de sélectionner des variétés parfaites à tous égards, et l'on devra craindre encore longtemps les épidémies urédiniennes.

D'après ce qui précède, l'idée de traiter les rouilles du Blé par un procédé analogue à ceux que l'on utilise en pathologie horticole et viticole vient naturellement à l'esprit. Cette conclusion, à laquelle l'enquête sur la transmission nous permet d'arriver, a un caractère pratique indéniable. La maladie n'étant pas due au sol, il est inutile d'épandre sur la terre végétale des antiseptiques qui ne produisent d'ailleurs aucun effet, comme nous l'avons constaté à plusieurs reprises. Nous avons vu que la semence a été considérée comme porteuse de germes développant du mycelium au moment de la germination. Ce danger est surtout problématique et il faut tourner son attention vers les autres modes de transmission. La destruction de plantes hôtes n'amènerait vraisemblablement que des résultats partiels, car la contamination secondaire est de beaucoup la plus importante. Il est donc de toute nécessité de voir l'effet des composés chimiques sur la plante elle-même, puisque la contamination urédosporique a été observée. Il faudrait empêcher les urédospores de germer. Plusieurs auteurs se sont préoccupés de l'action des antiseptiques.

Selon Beauverie, les urédospores de *Puccinia glumarum* montrent *in vitro* une grande sensibilité vis-à-vis du formol; la germination des spores printanières est arrêtée dans de l'eau formolée à 1 1.500, parfois 1/1.800. L'arrêt de la germination dans les solutions cupriques nécessite des concentrations beaucoup plus élevées. Il ne semblerait pas que les sels de cuivre présentent un grand intérêt.

Hurch a constaté que les urédospores de *P. graminis* croissent dans les solutions de pH 2, 5 à 8, à la température de 10°, et de pH 4 à 6, à la température de 20-30. Clark observe que l'addition de saccharose aux solutions cupriques augmente leur toxicité. Nous ne pensons pas que l'on puisse empêcher la rouille de se développer, par pulvérisation de solutions acides : les feuilles seraient brûlées alors que les urédospores garderaient leur vitalité intacte, vraisemblablement.

Les urédospores sont très résistantes vis-à-vis des solutions anticryptogamiques. Celles d'*Uromyces caryophyllinus* résistent jusqu'à la concentration de cuivre égale à 0,5 %; celles de *Cronartium Ribicola* s'arrêtent de germer si la concentration du métal est de 0,45 %; de même les urédospores de *Puccinia Anthirhini* sont tuées à cette concentration. La toxicité de la bouillie varie selon le radical et la composition : on a même constaté une efficacité plus grande de l'acétate de cuivre par rapport au sulfate, seul ou associé à l'ammoniaque. Les bouillies bourguignonnes insolubles sont peu actives.

Plus récemment, James G. Horsfall a étudié avec précision l'action du soufre colloïdal sur les urédospores d'*Uromyces Trifolii*. Il se sert d'un produit colloïdal et d'une poudre à base de soufre. En moyenne, sur quelque 3.000 spores, le témoin a germé dans la proportion de 96,3 % alors que la germination est ramenée à 34, 5 % avec la poudre et à 48 avec l'émulsion. Il obtient des résultats de même ordre avec l'hydrocarbonate de cuivre. L'emploi de l'émulsion sur l'espèce *fallens* aurait réduit de 77 % le pourcentage germinatif. Les résultats de cet auteur démontreraient que le soufre n'a pas une supériorité sur les sels cupriques.

L'effet de protection du soufre a été établi par Smith au sujet de la rouille des Asperges.

Les premiers essais de traitement des céréales semblent avoir été effectués en 1924 par Kithlinger, qui démontra la valeur du soufre comme antiseptique de choix.

Les Américains et les Canadiens ont passé immédiatement de la théorie à la pratique et auraient trouvé un remède pour enrayer le développement des nombreuses formes biologiques des rouilles. Hatteresérve cite, dans son ouvrage sur le Blé au Canada (Revue des agriculteurs de France, p. 52, février 1931), que les urédospores peuvent être transportées par le vent à plus de 300 kilomètres et qu'elles peuvent s'élever parfois jusqu'à 3 kilomètres; à 1.600 m. de hauteur un aviateur en récolta 3.500 en 10 minutes. D'autre part, il a été créé des variétés réfractaires à toutes les formes de rouille. Des expériences d'inoculation en serre ont été poursuivies en s'arrangeant à vérifier les résultats sur deux générations de Blé par an. Mais on sentit la nécessité de traiter les Blés par les anticryptogamiques. Des champs de Blés furent poudrés de soufre au moyen d'avions, à bord desquels on déclenchait un dispositif de distribution analogue à celui qui est employé pour détruire les larves et les chenilles des parasites des forêts. Les résultats seraient de nature à démontrer que le rendement peut être augmenté de 100 % dans certains cas (Blé *Marquis*).

Les essais de D. L. Barley et de F. J. Greaney (1) au Canada sont à remarquer en raison de la détermination des bénéfices résultant de l'emploi du soufre. Les soufrages sont plus ou moins efficaces selon la dose employée par unité de surface, la date du premier des traite-

(1) Ces renseignements nous ont été envoyés par les soins de MM. Dyr et James J. Horsfall, que nous remercions vivement.

ments et la fréquence de ceux-ci. Le rendement en grains est en proportion inverse de la quantité de pustules de rouille. L'appareil utilisé pour les cultures expérimentales est une poudreuse rotative pouvant débiter 7 à 10 kilos sans être rechargée. Les Blés *Marquis* et *Manitoba* sont semés le 10 juin. Le traitement commence le 18 juillet, lorsque le Blé est à l'état de gazon. On répand chaque semaine 27 kilos de soufre par hectare, pendant deux mois. Ce procédé de traitement est efficace, car la récolte est doublée : alors que, dans la parcelle témoin, on recueille 11 hectolitres à l'hectare, la parcelle traitée donne 30,2 hectolitres, et même 36,3, si l'on augmente du tiers la fréquence des poudrages. Les feuilles et les tiges des Blés traités ont un aspect bien différent de celui des Blés témoins, qui sont, eux, recouverts de pustules de rouille. On reconnaît immédiatement un champ traité, où les épis sont plus gros.

Le choix de la période du premier traitement est très important. Plus le premier traitement est effectué tôt, plus le rendement est élevé. A partir d'une date limite, en l'espèce le 8 août, on ne peut pas compenser les effets du retard en doublant la fréquence des applications hebdomadaires; il faut au moins doubler la dose et tripler le nombre des poudrages. Le moment du traitement initial est fondamental.

Dans les expériences culturales on utilise une poudreuse, actionnée à la traction animale, la distribution se faisant par un tuyau souple de 10 $^{c}/^{m}$ de diamètre. Les résultats sont du même ordre que ceux précédemment cités. A Grayville, un poudrage hebdomadaire et un traitement de trois semaines ont permis de doubler le rendement (20 hectolitres par hectare au lieu de 9,3) et de l'augmenter du tiers à Winnipeg (27 hectos au lieu de 19,5).

L'emploi du soufre nécessite des dépenses élevées, mais les bénéfices seraient de 750 francs à 1.000 francs par hectare.

Les auteurs préconisent l'usage d'avions qui permettent de distribuer rapidement la poudre du soufre; ce procédé est inapplicable lorsque la surface à traiter est insuffisante.

E. B. Mains a insisté sur l'effondrement des rendements, consécutif à l'envahissement du Blé par *Puccinia Triticina*, aux Etats-Unis. Les avantages qui seraient dus au soufre paraissent concluants, d'après les résultats obtenus en 1930. Les photographies publiées ne laissent aucun doute. L'augmentation résultant de l'emploi du soufre dépasserait 25 %.

Stakmann E. G. et Lambert E. B. sont d'avis que le soufrage des céréales est efficace contre la rouille tardive *P. graminis*, car il empêche la germination des urédospores.

Pour Cassner et Straib, la cyanamide est équivalente au soufre, à la condition que les feuilles soient traitées, soit avant la contamination, soit après 24 heures environ.

Comme on le voit, le traitement le plus énergique ne détermine pas la disparition complète du parasite. Mais, dans les cas graves, la majeure partie de la récolte pourrait être sauvée.

En Tunisie, des essais préliminaires ont été tentés depuis deux ans

au Service Botanique. Par suite des frais paraissant assez élevés, nous avons envisagé le traitement anti-urédinien pour le Blé seulement.

D'abord, nous employâmes l'hydrocarbonate de cuivre mélangé au talc, des stéatites à base de chlorure cuivreux. Ces poudres furent déposées, au moyen de soufflets de viticulteur, sur les feuilles, les tiges et les inflorescences de variétés de Blés sensibles. Les résultats ne furent pas très avantageux, surtout au point de vue du coût. Le soufre non décyanuré, utilisé pur ou mélangé au talc, au carbonate de cuivre, cause des lésions notables aux feuilles. Différentes solutions furent mises à l'épreuve, notamment des solutions de fluosilicate de cuivre à 1 % contenant de la gélatine, des émulsions cupriques mélangées au soufre, à la saponine. Des avantages partiels ont été obtenus.

On se heurte à plusieurs difficultés. L'infection peut s'échelonner sur plusieurs mois si l'on cultive des Blés de précocités différentes. Les rosées, qui sont ici très fréquentes, en raison du rayonnement nocturne intense, paraissent favoriser les brûlures des feuilles. Enfin, l'adhérence des produits est limitée; parfois la majeure partie de l'antiseptique s'élimine sous l'effet des pluies printanières et du vent. D'autre part, il est souvent difficile d'amener des appareils à soufrer ou des pulvérisateurs dans les champs, dès que le Blé atteint un certain développement, après l'épiage, à moins de ne semer que des parcelles d'environ dix mètres de large, séparées par des allées. Le formol et les différents polymères devront être essayés, en particulier le paraformaldéhyde et le métaformaldéhyde. Il est aussi nécessaire que l'élimination de l'antiseptique soit totale au moment du battage, sinon la farine serait impropre à la consommation.

En outre des hypothèses pouvant expliquer l'apparition des rouilles, et qui n'ont pas été exposées, nous envisagerons prochainement le point de vue prophylactique, qui intéresse tout d'abord les producteurs.

ALBERT PETIT

Remarques sur la Classification des Bactéries

PLAN DU TRAVAIL

Introduction.

A. Caractères et définition des Bactéries.

B. Place des Bactéries dans la classification.

C. Résumé de la classification au point de vue historique :

1° Classification morphologique de MIGULA (A), BENECKE (B), de LEHMANN et NEUMANN (C), d'ENDERLEIN (D);

2° Classification des auteurs américains;

3° Système phylogénétique de JENSEN.

D. Considérations générales sur les systèmes.

E. Valeurs de certains caractères utilisés dans la classification basée sur :

1° L'ontogénie et la phylogénie;

2° Sur la formation de séries morphologiques parallèles;

3° D'après l'aspect et les affinités hypothétiques;

4° Sur des propriétés physiologiques;

5° Système purement morphologique;

6° Système écologique et morphologique. Bactéries incolores et Bactéries pourprées.

F. Résumé.

Introduction

Les recherches multiples des morphologistes et des bactériologistes dans différents domaines ont abouti à différencier plusieurs milliers d'espèces. Si l'on rassemblait tous les organismes, même ceux ayant été l'objet d'une description sommaire ou incomplète, on arriverait probablement à un total considérable d'espèces réparties en plus de soixante genres.

Certes, il ne sera pas sans intérêt de résumer brièvement les efforts qui ont été tentés pour définir et classer rationnellement ces microrganismes. Les difficultés rencontrées par les auteurs ont été grandes, en raison de la variété des formes, de l'incertitude sur les affinités réelles des groupes; de sorte que la plupart des classificateurs ont préconisé des systèmes partiels. Récemment, une lacune a

été comblée : des travaux concernant la structure intime des Bactéries, leurs modes de vie, contribuent à rendre moins ardue la superposition des faits morphologiques et des données écologiques. On ne sera pas étonné de voir dans le système récent des auteurs américains une transaction entre les considérations physiologiques et les arguments morphologiques. Comme la science n'est pas assez avancée pour classer des groupes naturels, il est nécessaire de tenir compte des caractères les plus saillants, dont l'importance actuelle est déterminante. C'est dans cet esprit que nous grouperons les remarques dans ce mémoire où ne seront pas évidemment rassemblés les éléments d'une revue assez complète sur cette question. Il eût fallu analyser des travaux innombrables, dont certains se rapportent partiellement à ce sujet. Cela n'est pas possible : plusieurs volumes ne suffiraient pas pour citer les références bibliographiques. Nous nous bornerons à donner un aperçu restreint, plutôt qu'un ensemble de remarques originales.

De ce travail, nous excluons les Levures, Hyphomycètes, Algues bleues, dont les caractères cytologiques et la position systématique sont connus. Nous résumerons les caractères communs de ces Protistes, pouvant servir à une définition provisoire des Bactéries; nous citerons les faits historiques essentiels sur la classification et, après avoir examiné la valeur des arguments servant de base, nous tenterons de grouper schématiquement les formes bactériennes.

A. Caractères et définition des Bactéries

Les Bactéries comprennent des groupes dont les caractères morphologiques sont apparemment très différents. Ainsi, un *Mycobacterium* ramifié ne saurait, *a priori*, être rapproché d'un *Chromatium*, Bactérie Sulfuraire rouge, dont le cytoplasme contient des granules de soufre, et que certains auteurs ont placée au voisinage des Algues. Une *Synbactérie* se distingue d'une Bactérie typique ou *Eubactérie* par des aspects biologiques d'une importance indéniable. Les hétérogénénistes ont tenté de rapprocher les groupes bactériens des groupes animaux ou végétaux, d'après la ressemblance extérieure. Les Sulfuraires ont été rapprochées des Algues bleues; les Bactéries endosporées, des Ascomycètes, Les *Spirochètes* ont été englobés dans les Protozoaires. Les *Synbactéries*, ou *Polyangideae* de Jahn, ont été considérées parfois comme voisines des Myxomycètes. Or, de l'analyse cytologique, on déduit que *la presque totalité des formes actuellement connues possèdent une structure quasi-identique, ce qui permet d'affirmer l'homogénéité de l'ensemble des espèces, à ce point de vue.*

a) Il n'a pas été possible de constater dans la cellule l'existence d'un chondriome, et les techniques les plus favorables à la mise en évidence de ces éléments figurés n'ont pas permis de déceler un chondriome, que l'on rencontre à l'état diffus chez certaines Algues bleues du groupe des *Oscillariées*. Il est certain que les Bactéries sont

dépourvues de chondriome différencié; cela est manifeste pour les espèces de grandes dimensions et les formes d'involution.

b) Une autre caractéristique commune à toutes les Bactéries est l'absence d'un noyau, même indifférencié, sans réseau ni nucléole. On trouve dans la cellule des grains que l'on peut rapprocher de la chromatine par leurs caractères histologiques, lesquels ont, comme on le sait, une valeur strictement morphologique, en l'espèce. L'ébauche de la spore, les enclaves graisseuses, les vacuoles et les grains métachromatiques ne sauraient être confondus avec une formation nucléaire, et l'on est forcé d'admettre que, s'il existe un équivalent du noyau, ce dernier est à l'état diffus, parfois à l'état de granulations disséminées dans le cytoplasme. Nous avons fait les mêmes constatations chez *Rhodospirillum*, et notamment chez *R. Rosenbergii*, *R. rufum*, ainsi que chez *Chromatium Wessii*, *C. vinosum*, espèces qui abondent dans le lac de Tunis. Il en est de même pour certaines Bactéries ferrugineuses, telles que *Spirophyllum*. On ne trouve pas davantage de corps central. Or, à part de très rares exceptions, tous les Champignons, Algues et Protozoaires ont un noyau ou l'équivalent (corps central). Malgré certaines observations réalisées au moyen de la lumière ultra-violette, la question n'a pas évolué dans le sens de l'affirmative, bien que Dhéré ait montré que les acides nucléiques ont un spectre d'absorption très caractérisé: d'autres inclusions possèdent les mêmes propriétés, ce qui enlève aux recherches de ce genre une valeur caryologique stricte. Bertrand et Besançon ont réussi, il est vrai, des photographies très précises, à la radiation infra-rouge, qui est absorbée par les noyaux, mais il s'en faut de beaucoup que cette absorption soit élective, dans le cas de la cellule des Animaux et des Végétaux supérieurs, *a fortiori* dans le cas de la cellule bactérienne. Il n'a pas été possible de distinguer avec certitude les grains nucléaires du gel cytoplasmique par des méthodes optiques, uniquement.

La majorité des cytologistes admettent l'existence d'un noyau diffus chez les Bactéries.

L'absence d'un noyau est très importante, et nous ne partageons pas l'opinion basée principalement sur le cas d'un *Champignon* supérieur (*Chlorosplenium*), dont les filaments envahissant le bois, ne contiennent aucun noyau: ce cas est cité du livre bien connu de Vuillemin. Cet auteur indique qu'il n'a, en effet, pas observé de noyau par suite de la ténuité des images: on sait que les noyaux des Champignons sont de très petite taille. Il est probable que la méthode des coupes permettrait peut-être de déceler des noyaux. Même en admettant l'absence de ces éléments, ce qui est d'ailleurs très contestable, il est légitime de ne pas tenir compte d'un cas unique. Les définitions sont évidemment fondées sur les caractères communs à la plupart des formes, et non sur des exceptions; (1)

(1) Il se pourrait que des filaments typiques soient dépourvus de noyaux, ce qui n'a

c) Les Bactéries n'ont pas de sexualité. Les observations très précises qui ont été recueillies jusqu'à présent en étudiant des espèces de grandes dimensions permettent d'affirmer que ces formes ne possèdent visiblement pas de sexualité;

d) Les Bactéries se divisent transversalement par scissiparité;

e) Elles ne possèdent pas de pigment ayant les caractères photosynthétiques et spectroscopiques de la chlorophylle.

La simplicité de la structure et le thalle généralement unicellulaire sont des caractères suffisamment importants pour convenir que les Bactéries constituent un groupe très homogène;

f) Certaines espèces telles que le *Bacille de Koch*, certains Spirochètes et Bacilles donnent naissance à des formes infra-bactériennes.

Les affinités végétales des Bactéries avec les Végétaux sont frappantes.

a) La présence des enclaves ne confère aucune affinité spéciale; on rencontre les mêmes inclusions (grains métachromatiques, lipoïdes, vacuoles) chez les Levures, Algues, Protozoaires. Par contre, l'existence de certains pigments autorise assez de rapprocher les Bactéries des Végétaux. Ainsi, la bactériopurpurine renferme une portion de carotine, pigment très répandu dans le monde végétal. Le mode de vie des *Sulfuraires* ne saurait convenir à leur intégration parmi les Protozoaires. Mais d'autres pigments se rapprocheraient des ptomaïnes, comme la pycyanine;

b) Dans un grand nombre d'espèces, la membrane présente les réactions de la cellulose, ainsi qu'il ressort des recherches de Dreyfus sur *Bacillus subtilis*, de Macé (*Sarcina aurea*), de Suringer sur *S. ventriculi*, d'Auclair et Paris sur le Bacille tuberculeux. La gaine du *Leuconostoc mesenteroïdes* présenterait, selon Crow, les caractères de la callose. Pour Scheiblers, cette espèce a une membrane à base d'hydrates de carbone condensés (pectine, glucosane). D'autre part, le voile de *Bacillus aceti* se colore en jaune par l'iode, et en violet avec le chloro-iodure de zinc; celui de *Bacterium Pasteurianum* posséderait de la cellulose. Divers composés accompagnent la cellulose de la membrane, qui se colore aussi avec l'iode et le réactif de Millon. Chez les *Synbactéries*, la majeure partie des formes spécifiques ont une membrane donnant les réactions des matières albuminoïdes. Nous avons constaté que les cloisons transversales des cellules en voie de division sont imprégnées de substances lipoïdes, chez certaines formes filamenteuses. L'acido-résistance se rencontre souvent dans les tissus végétaux, les Champignons, Levures. Sans voir là une propriété de grande valeur taxinomique, puisque des Sporozoaires sont

---

d'ailleurs pas été prouvé. Cela ne saurait nous induire à penser que les Protistes ou microorganismes dépourvus de noyaux sont des Champignons. Nous n'adoptons pas cette manière de voir. La présence du noyau a une grande importance systématique (Cas des Euglènes et des Oscillariées incolores, par exemple).

acido-résistants, il est malaisé de nier l'analogie entre les Bactéries et les Végétaux. Certains auteurs, IVANOFF, BROWN, auraient trouvé des glucosamines en hydrolysant, et soutiennent l'hypothèse de la nature chitineuse de la membrane.

Dans beaucoup des cas examinés, il s'agit de la réaction de la cellulose. La membrane des Bactéries présente donc de vives analogies avec celles des Végétaux;

c) Le mode de multiplication et de division, qui est exclusivement transversale et scissipare, rappelle celui des Algues bleues, des Schizosaccharomycètes;

d) La forme de la cellule sans différenciation antéropostérieure et celle du thalle sont importantes; la ressemblance existant entre les hyphes des Champignons imparfaits, des Dermaphytes et les ramifications des Trichobactéries est frappante;

e) Les processus de la sporulation et de la conidiogénèse permettent de ranger les Bactéries parmi les Végétaux, dont beaucoup de formes possèdent des endospores, des conidies ou des arthrospores. Et le fait que certaines *Synbactéries* du groupe des Polyangideae, particulièrement les *Chondromyces*, qui se reproduisent au moyen de kystes différenciés, portés par un pied, accentue singulièrement la ressemblance morphologique de ces microrganismes avec les Végétaux. A part AWERINZEW, qui compare la sporulation des Bactéries avec celle des Myxosporidies (dont les spores ont une ou deux capsules polaires de structure spéciale), la plupart des auteurs séparent les Bactéries des Protozoaires et les rangent parmi les Végétaux; d'autres, tels que HOLLANDE, en forment un groupe à part;

f) Il est à noter que beaucoup de Bactéries sont autotrophes (*Sulfuraires* rouges, formes nitrifiantes, formes assimilant l'azote gazeux, c'est-à-dire des espèces appartenant à des groupes très divers), alors que tous les Champignons sont saprophytes ou parasites, comme les Protozoaires;

g) A ces arguments morphologiques ou écologiques importants qui sont incontestablement en faveur de la nature végétale, on peut ajouter des faits d'ordre histochimique, ex. la réaction de FEULGEN. On sait qu'elle consiste à placer les frottis dans l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique pendant quelques minutes, à rincer soigneusement à l'eau distillée, à colorer à la fuchsine, qui teinte les groupes des acides thymo-nucléiques mis en liberté par l'hydrolyse. Or, d'après MARQUES DA CUNHA et JULIO MUNCZ, les Spirochètes, notamment *Treponema Duttoni* et T. *hispanicum*, ne se colorent pas par la méthode de FEULGEN, et ces auteurs concluent fort justement au rapprochement des *Spirochètes* avec les *Bactéries*. Cette conclusion est d'autant mieux fondée que BRESLAU et SCREMIN sont parvenus à colorer électivement l'acide thymonucléique situé dans le noyau des Trypanosomes, auxquels certains auteurs agrègent les *Spirochètes*, en se basant sur des considérations parasitologiques cycliques.

B. Place des Bactéries dans la classification des Végétaux

Nous venons d'examiner sommairement les raisons qui militent pour placer légitimement les Bactéries dans les Végétaux, en nous basant sur des arguments surtout morphologiques et cytologiques; que ces microbes sont bien distincts des Algues et des Champignons. Nous sommes arrivé à la création d'un embranchement parallèle à celui des Thallophytes nucléés; cet embranchement est celui des *Bactéries*.

C. Résumé de la classification des Bactéries au point de vue historique

Il existe plusieurs façons de classer les groupes (ordres, familles, genres, espèces) : nous citerons brièvement en premier lieu les principaux systèmes morphologiques. Comme il est parfois utile de distinguer certains genres les uns des autres, également par des caractères biologiques, certains auteurs ont introduit des notions de physiologie. Enfin, il sera fait mention d'une classification phylogénétique (1).

1° Classifications morphologiques

A. *Classification de* Migula

Eubactéries. Cellules ne contenant ni soufre ni bactériopurpurine.

1. *Cocaccées :*

a) Cellules sans organe de locomotion : *g. Streptococcus*, *g. Micrococcus*, *g. Sarcina.*

b) Cellules avec organe de locomotion : *g. Planococcus*, etc.

2. Cellules cylindriques, plus ou moins longues, se divisant dans un seul plan, s'accroissant dans les deux sens après la division.

a) Cellules droites et longues, mobiles ou immobiles.

Bactériacées : pas d'organe de locomotion, *g. Bactérium;* des organes de locomotion :

polaires, *g. Pseudomonas;*

périphériques, *g. Bacillus.*

b) Cellules plus ou moins enroulées en spirale, *Spirillacées.*

1. Cellules rigides : pas d'organe de locomotion, *g. Spirosoma;* des organes de locomotion;

2-3 flagellums polaires, *g. Microspira;*

Touffes de 5-20 flagellums, *g. Spirillum.*

2. Cellules flexueuses : *g. Spirochæte.*

3. Cellules avec gaine, *Chlamydobactériacées :*

---

(1) On trouvera dans l'ouvrage de Bergey et dans celui de Buchanam l'historique quasi-complet sur la classification.

a) Cellules rondes non ramifiées;

I. se divisant en un seul plan, *g. Chlamydothrix,*

II. se divisant suivant trois directions de l'espace avant la sporulation :

gaine délicate rarement visible, *g. Phragmidiothrix;*

gaine bien visible, espèces d'eau courante, *g. Crenothrix.*

b) Cellules ayant de fausses ramifications, *g. Sphærothrix.*

Thiobactéries. Cellules contenant du soufre ou de la bactériopurpurine;

Beggiatoacées, classification de WINOGRADSKY;

Rhodobeggiatoacées, classification de WINOGRADSKY;

Citons les classifications de COHN, de FISCHER.

B. Le système de BENECKE embrasse à peu près tous les microorganismes. Il met à part les formes filamenteuses. Pour lui, les Bactéries sont des Champignons: il les nomme Shizomycètes. Cette assimilation, qui repose sur des bases discutables, a été récemment soutenue par GUIART, et notamment par ROMAN, qui ne tiennent aucunement compte du fait que les Bactéries sont des akariobiontes.

BENECKE divise les Bactéries en deux groupes : les Haplobactéries, dont les cellules s'accroissent après la division; d'une part, les *Cocacées*, *Bacillacées*, *Spirillacées*, les *Rhodobactériacées* ou *Bactéries pourpres*, les *Mycobactériacées* ou Bactéries-Champignons, et les *Myxobactéries*. Les *Desmobactéries* renferment les formes dont les cellules se divisent après l'accroissement : *Beggiatoa*, *Thiophysa*, *Thiothrix*, *Leptothrix*, *Crenothrix*, *Cladothrix*, *Phragmidiothrix*.

C. La classification de LEHMANN et NEUMANN est certainement une des plus commodes avec celle de BENECKE. Ces deux auteurs adoptent la méthode de HUEPPE pour les *Cocaccées* et les *Bactériacées*, celle de LOEFFLER en ce qui concerne les Spirillacées.

1. *Cocaccées : g. Steptococcus*, *g. Sarcina*, etc.;

2. *Bactériacées :*

a sans spores endogènes, le plus souvent arthrospores, *g. Bactérium;*

b spores endogènes, bacilles ayant le plus souvent 1 μ d'épaisseur. Ils proposent sans l'adopter une nouvelle clé pour ce groupe.

I. Spore au milieu de la cellule, *g. Bacillus.*

II. Spore formée au milieu de la cellule avec gonflement de celle-ci, *g. Clostridium.*

III. Spore terminale, *g. Pataplectum.*

3. *Spirillacées :*

a) Cellules courtes, faiblement incurvées, ayant un cil polaire, *g. Vibrio;*

b) cellules longues, *g. Spirillum;*

Il range les *Actinomycètes* à part et les définit ainsi : organismes

très ténus, ayant un thalle filamenteux, souvent ramifié, présentant parfois des conidies; formes toujours immobiles :

a) pas de spores, cellules non acido-résistantes, g. *Corynebactérium*, parfois en forme de massue (groupe du Bacille diphtérique);

b) pas de spores, cellules acido-résistantes, *g. Mycobactérium* (groupe du Bacille tuberculeux);

c) filaments mycéliens, des conidies, *g. Actinomyces.*

Ils reconnaissent qu'il existe de nombreuses formes de transition.

D. Comme la précédente, la classification de Enderlein est strictement morphologique.

A l'exception du groupe des Migulanidées, la formation des familles est basée sur le critérium morphologique.

Formes rondes :

a) *Micrococcidæ : g. Micrococcus, g. Steptococcus, g. Leuconostoc, g. Siderocapsa.*

b) *Sarcinidæ.*

c) *Migulanidæ : g. Azotobacter.*

Formes incurvées ou enroulées en hélice :

a) *Microspiridæ : g. Microspira.*

b) *Spirillidæ : g. Spirillum, g. Gallionella.*

c) *Spirochætidae : g. Spirochæta, g. Critispira.*

Formes cylindriques :

a) *Bacillidæ :*

b) *Bacteridæ :*

Formes ramifiées. *Corynebacteriæ; g. Corynebacterium, g. Löhnisium, g. Sclerothrix* (groupe du Bacille tuberculeux), *g. Actinomyces.*

Bactéries ferrugineuses. *Sphærotilidæ : g. Clonothrix, g. Crenothrix, g. Chlamydothrix.*

Sulfuraires ou *Syncrotidae : g. Beggiatoa, g. Thiothrix.*

Myxobactéries ou *Chondromycidae.*

2° Classification physiologique

La classification, dite des auteurs américains, sera seulement envisagée. Elle n'est pas exclusivement physiologique : elle est basée à la fois sur les caractères morphologiques et les caractères physiologiques.

A. *Eubactériales :*

1. Famille des *Nitrobactériacées :*

Tribu des *Nitrobactéries : g. Hydrogenomas, g. Methanomonas, g. Nitrobacter;*

Tribu des *Azotobactéries : g. Azotobacter, g. Rhizobium.*

2. Famille des *Pseudomonacidées : g. Pseudomonas.*

3. Famille des *Cocaccées :*

Tribu des *Neisseridées : g. Neisseria;*

Tribu des *Streptococcacées : g. Diplococcus, g. Streptococcus, g. Staphylococcus, g. Leuconostoc;*

Tribu des *Monococcacées : g. Micrococcus, g. Rhodococcus, g. Sarcina.*

4. Famille des *Bacillacées : g. Bacillus, g. Clostridium* (corps renflé à la sporulation).

5. Famille des Bactériacées :

Tribu des Chromobactériées : *g. Erythrobacillus, g. Chromobacterium;*

Tribu des *Erwinées : g. Erwinia* (parasites des plantes);

Tribu des *Bactériées : g. Proteus, g. Bacterium, g. Aerobacter, g. Salmonella* (Bacille typhique, Bacille dysentérique et formes voisines);

Tribu des *Zopfées : g. Zopfius* (gram positif);

Tribu des *Lactobacillées : g. Lactobacillus;*

Tribu des *Pasteurellées : g. Pasteurella* (groupe du Bacille de la peste);

Tribu des *Hémophyllées : g. Hemophyllus* (Bacille de l'influenza).

6. Famille des *Spirillacées : g. Vitrio; g. Spirillum.*

B. *Spirochætales : g. Spirella, g. Spirochæta, g. Saprospira.*

C. *Actinomycétales :*

1. Famille des Mycobactériacées (pas de conidies, filaments parfois ramifiées) : *g. Pfeifferella* (Bacille de la morve), *g. Fusiformis, g. Corynebactérium* (Bacille diphtérique), *g. Mycobactérium* (groupe du Bacille tuberculeux).

D. *Chlamydobactériales* ou Bactéries ferrugineuses.

E. *Thiobactériales.*

F. *Myxobactériales.*

3° Classification phylogénétique

Nous citerons le système de Jensen, qui repose sur le principe que les espèces les plus primitives sont celles dont les exigences physiologiques sont le plus simples, celles dont la nourriture est exclusivement formée de méthane, de composés organiques simples, de matière minérale, dont le mode de vie est autotrophe, tandis que les Bactéries saprophytes ou parasites seraient les plus récemment apparues. Jensen tient aussi compte de la disposition des flagelles.

A. *Cephalotrichées monotriches ou lophotriches :*

1° *Oxydobactériacées :* Bactéries autotrophes, formant de la matière organique aux dépens de l'ammoniaque, des nitrites, etc. : *g. Methanomonas, g. Carboxydomonas, g. Hydrogenomonas, g. Acetimonas, g. Nitromonas, g. Nitrosomonas.* Les noms génériques indiquent la fonction.

2° *Actinomycétacées ;*

g. Rhizomonas : Bac. diphtérique dans le groupe *Corynemonas; g. Mycomonas*, et *g. Actinomyces.*

3° *Thiobactéries* ou *Sulfuraires* incolores.

4° *Rhodobactériacées.*

5° *Trichobactériacées* ou Bactéries filamenteuses.

6° *Luminibactériacées.*

B. *Péritrichées* (ordre des), qui ont besoin d'hydrates de carbone et d'amino-acides.

Acidobactériacées, *Alcalibactériacées*, *Butyribactériacées*, *Putribactériacées.*

D. **Considérations générales sur les espèces de classification**

On peut discerner trois stades dans l'évolution des classifications bactériennes :

1° Classifications rudimentaires groupant des formes différentes sous la même rubrique, tout en distinguant les organismes principaux (systèmes de Cohn, de Ehrenberg), etc.;

2° Classifications englobant la plupart des espèces actuellement connues; conceptions de Lehmann et Neumann, de Benecke, de Migula;

3° Introduction de données physiologiques, agronomiques, médicales et phytopathologiques dans le système des auteurs américains.

A. Classification de Migula.

Cette classification a servi de base à la plupart des recherches descriptives depuis un demi-siècle. Il divise les Bactéries en trois groupes apparemment naturels : Bactéries simples, Bactéries coloniales, Bactéries sulfureuses. Ce classement, purement morphologique, est extrêmement remarquable, car il a pour esprit de présenter les Bactéries comme formant un groupe homogène. Bien que Migula fasse abstraction des Myxobactéries, ses idées ont inspiré la plupart des systèmes morphologiques. Le nombre des genres cités est en rapport avec l'état de la science à cette époque. Presque toutes les espèces nouvelles ont été classées suivant les directives de cet auteur. Les familles des *Cocacées*, *Bactériacées*, *Spirillacées*, *Chlamydobactériacées* et *Rhodobeggiatoacées* se retrouvent en majeure partie dans la classification d'Enderlein. On voit donc qu'elle constitue encore la charpente des systèmes actuels.

B. La classification de Benecke, bien postérieure à celle de Migula, comprend bien plus de formes. Benecke envisage d'une part les Bactéries libres, d'autre part, les espèces filamenteuses, qui sont morphologiquement beaucoup plus différenciées.

C. Lehmann et Neumann excluent les *Myxobactéries* et les *Beggiatoacées;* ils séparent les *Crenothrix* des *Actinomycètes,* car ils pensent que ces derniers ne sont pas des Bactéries. Les travaux des savants ont introduit en taxinomie le mode de reproduction, la sporogénèse et les caractères de la spore, caractères très utiles, dont aucune classification n'avait montré l'importance : nous pensons que le

groupe des Bacilles endosporés peut être qualifié de groupe naturel.

D. Le système d'Enderlein est basé presque exclusivement sur le critérium morphologique. Les innovations vraies sont au fond peu nombreuses. Depuis longtemps, la plupart des familles correspondantes ont été classées : tel est le cas des *Corynebactéries*, des *Sphaerotilidæ* ou *Bactéries* filamenteuses, des *Syncrotidæ* ou *Beggiatoacées*, des *Chondromycidae* ou *Synbactéries*. Il s'efforce d'utiliser des grossissements très élevés (10.000), et il déduit l'existence de modes de reproduction qui n'ont jamais été trouvés ni vérifiés par aucun morphologiste. Il semble qu'il y ait confusion des organites reproducteurs avec des éléments figurés du cytoplasme, lipides, métachromatine, etc. Les figures représentant le Bacille diphtérique doivent être considérées comme des formes où le système vacuolaire et les corpuscules métachromatiques sont bien visibles, sans que l'on cherche des cycles sexuels dont l'existence est des plus problématiques (1). Pourtant, les réactions de la métachromatine et des diverses inclusions cytoplasmiques sont connues. Il aboutit cependant à une formule classique se rapprochant des vues de Mesnil. Les appellations sont plus nombreuses que les innovations, qui ne paraissent pas d'une opportunité urgente. Il n'a pas apporté de nouveauté de nature à s'imposer, parce que fondée sur des notions difficiles à contrôler. Cependant, la création d'une famille spéciale pour les grosses Bactéries, dont certaines possèdent plusieurs spores, est intéressante; ces formes méritent une place à part. Le grand intérêt des théories de cet auteur est de transposer les faits observés chez les organismes sexués dans le domaine bactériologique. Cette question, posée depuis un demi-siècle, n'a pas été solutionnée affirmativement.

E. Classification de Jensen. — Malgré l'originalité logique des arguments, on est obligé de convenir que la désignation des phylums correspond à des vues de l'esprit plutôt qu'à des faits concrets. Comme les formes animales et végétales existent depuis les temps géologiques les plus reculés, nous ignorons si les Bactéries sont des descendants de Végétaux plus différenciés, comme les Algues bleues, ou si elles sont les cellules les plus rudimentaires, si elles représentent les formes dérivées des premiers êtres vivants, désignés dans certains traités sous le nom de « Monère ». Encore faudrait-il être certain que les prétendues Bactéries primitives peuvent se passer d'une façon absolue de matière organique, même des hydrates de carbone. Or, la sensibilité de l'*Azotobacter* à la mannite (l'augmentation du poids d'azote fixé résultant de l'addition de mannite est considérable). Il n'est pas possible d'affirmer, comme le fait Jensen, que les *Spirochètes*, les *Trichobactéries* et les *Sulfobactéries* sont des rameaux parallèles d'un même phylum. D'autre part, dans la nature, les Bactéries dites autotrophes vivent dans un milieu souvent riche en matière organique.

(1) Les formes nouvelles trouvées par Almquist dans des cultures mélangées de Bacilles dysentériques et de Bacilles typhiques paraissent être des formes d'involution et non des hybrides.

F. Classification des Bactériologistes américains.

Ceux-ci se sont efforcés de tenir compte de tous les faits physiologiques, morphologiques et pathologiques. Certains sont en effet uniquement définis par des caractères physiologiques : activité biochimique, Gram positif ou non, etc. La nomenclature linnéenne est conservée. Les Bactéries sont divisées en ordres : *Eubactériales*, *Spirochétales*, *Actinobactériales*, *Chlamidobactériales*, *Thiobactériales*. L'innovation consiste surtout dans la création d'un assez grand nombre de tribus. Il y a là, à n'en pas douter, un progrès considérable au point de vue utilitaire, répondant certainement aux besoins des praticiens. On peut présenter la critique que les données morphologiques sont souvent absentes, et cela d'une manière presque systématique. Plus complexe que les classifications précédentes, où il est question surtout de genres et de familles, elle délimite cinq groupes qui sont précisément les cinq classes. *A priori*, l'ensemble est bien divisé : chaque classe range des formes possédant un caractère très important, base de toute classification rationnelle, permettant de s'orienter dans le monde des Bactéries sans risquer de se tromper. Cette division en classes est-elle bien opportune ? En comparant le nombre de formes dans les systèmes précédents et celui-ci, en parcourant les mémoires, il est certain que la tendance actuelle est pour l'affirmative.

L'ordre des *Eubactériales* renferme la majeure partie des familles des « Eubactéries » de Migula. La division en tribus est tantôt basée sur un caractère morphologique, tantôt sur un caractère physiologique. Dans les *Nitrobactériées*, les *Erwinées*, les *Azotobactériées* et les *Mycobactériacées*, on rencontre plusieurs formes dissemblables.

Les *Bactériées* sont physiologiquement très hétérogènes. Les *Pseudomonasidées* ont été érigées en famille. Nous retrouverons intégralement les *Spirillacées* de Migula, et cette classification ressemble parfois à celle de Migula. Les *Cocaccées* sont scindées en deux familles : *Monococacées* et *Streptobacillées*, ces dernières constituent le genre *Streptococcus* du système de Migula. On ne peut nier que cette profusion de tribus est utile en raison du grand nombre d'espèces décrites. Pour la division des grands groupes, il faut choisir entre la clé morphologique et la clé basée sur des réactions chimiques. Dans toutes les classifications botaniques, les caractères morphologiques sont souvent pris comme base de définition des familles et des genres. Il n'existe aucune raison pour que la classification des Bactéries échappe à cette règle. On objectera, sans doute, la variabilité, le polymorphisme d'une même espèce (*Micrococcus tetragenus*, *Bacillus vulgaris*, *B. vermiforme*, etc.). Une espèce, cultivée dans des conditions déterminées, et examinée après un laps de temps constant, présente toujours la même forme, *Bacille*, *Coccus* ou *Spirille*. Un *Bacille* peut perdre ses cils lorsqu'il est cultivé sur milieu solide, sur gélose (*Bacillus subtilis*), mais on retrouve des cellules ayant des cils dans l'eau de condensation. Il est vraisemblable que la plupart des cas de polymorphisme sont appa-

rents, par suite du manque de précision des conditions culturales. Les formes d'involution, qui apparaissent à la fin du développement, après la sporulation, ne sont pas spéciales aux Bactéries. Les vieilles cultures de Champignons présentent aussi des formes séniles. Ces réserves faites, nous constatons que le groupe des *Neisseriées* est homogène, mais son importance est quelque peu artificielle: celui des *Thiobactériales* comprend les Bactéries pourpres de Molisch, dont le protoplasme contient de la bactériochlorine et de la bactériopurpurine. La première substance a l'aspect de la chlorophylle; la seconde est une carotine-globuline (voir les travaux de R. Levy et Teissier). La présence de ces pigments, qui est en relation avec le mode de vie, a de ce fait une importance considérable. Il ne s'ensuit nullement que l'on doive rassembler toutes les Bactéries à pigment selon la couleur de ce dernier : Bactéries rouges (*Micrococcus, prodigiosus, Spirillum rubrum, Sarcina lutea*, etc.), les Bactéries bleues (*Bacillus indoferus*, Bacille du lait bleu); les Bactéries violettes (comme *B. violaceus*); les Bactéries vertes (*Bacterium chlorinum* de Engelmann, le *Bacillus chlorophyllinus* de Sauvageau et Guignard; *B. viridis* et *B. virens* de Van Tieghem). L'étude de ces pigments est trop peu avancée pour qu'une distinction aussi importante soit actuellement possible; ces pigments sont de compositions chimiques différentes; ils ne révèlent pas l'existence de synthèses biochimiques et l'on ne peut pas établir un parallèle entre la division des Algues (vertes, bleues, rouges) et une division similaire des formes bactériennes qui serait basée sur la couleur; il faut préciser et discriminer. Il est certain que les Bactéries à bactériopurpurine constituent une série naturelle, à notre sens, mais nous reprendrons plus loin ces arguments à propos de la classification en « séries parallèles ». La pyocyanine serait, d'après Gessard, voisine des ptomaïnes, et par conséquent bien différente de la bactériochlorine.

L'assemblage des Bactéries parasites des plantes (*Erwinées*) n'est logique que pour le but de détermination; botaniquement, c'est un groupe purement artificiel. Il en est de même des *Lactobacillées*. Par contre, la création d'un groupe des formes dites *Pasteurellées* paraît opportune à condition de les délimiter d'une manière stricte. La distinction des *Bacillacées* et des *Bactériacées* est parfaitement justifiée. Les *Spirochætales* renferment les genres inscrits dans ces classifications précédentes. Dans les *Actinomycétales*, sont rangés des organismes paraissant posséder un noyau et dont les affinités avec les Champignons sont frappantes.

On ne peut que regretter l'absence de données cytologiques dans ce système.

E. Valeur de certains caractères utilisés dans les classifications

1° Si l'on examine, dans chaque ordre, les différentes caractéristiques morphologiques, afin de se rendre compte s'ils peuvent être subordonnés les uns aux autres, on voit qu'il n'est pas possible d'appliquer la notion d'espèces de Cuvier, puisque les caractères sont choisis

Souvent arbitrairement et que les Bactéries sont dépourvues d'homogamie ou d'hétérogamie,ce qui empêche de connaître leur parenté respective. Non seulement nous ignorons totalement la *généalogie* par rapport aux Végétaux qui s'en rapprochent apparemment, mais nous ne connaissons aucun indice qui pourrait nous indiquer quelles sont les espèces les plus archaïques, et celles qui s'en différencient par leur apparition récente, se traduisant par une organisation morphologique plus complexe, en admettant qu'une complication de l'organisme est corrélative de l'évolution. Nous ignorons comment il conviendrait d'appliquer les enseignements du parallélisme entre la phylogénie et l'ontogénie, qui se sont montrés féconds en Anatomie comparée. Il faut donc se contenter de classer les formes voisines, désignées telles, d'après les conventions adoptées, sans spécifier le degré d'affinité et de parenté; de dresser un catalogue rationnel des formes spécifiques examinées, dans les conditions naturelles de croissance. Il est à noter que les caractères communs à toutes les Bactéries sont restreints. On peut citer cette définition : Végétaux n'ayant ni chondriome défini, ni noyau typique, ni chlorophylle, dont le corps n'émet jamais de pseudopodes; se divisant transversalement. Organismes unicellulaires de petites dimensions (1 μ environ), dépourvus de différenciation antéropostérieure. Cytoplasme ayant un vacuome, des inclusions diverses dont certaines présentent de l'analogie avec la chromatine, et pouvant être plasmolysés généralement.

On pourrait ajouter, pour bien marquer la différence avec les Animaux, que, parmi les diverses formes, il existe des espèces autotrophes, thermophiles ou filamenteuses, et que l'on n'a pas constaté jusqu'à présent d'homo ou d'hétérogamie;

2° Si l'on envisage la création des *séries homologues basées sur la morphologie*, mais se distinguant les unes des autres par une propriété physiologique, il est nécessaire que celle-ci soit, autant que possible, aisément constatable, soit par la présence d'un pigment facile à identifier, soit par des inclusions cytoplasmiques constantes, qui sont en corrélation étroite avec le mode de vie. Et l'on peut aussi, en se servant en premier lieu des notions écologiques, classer d'après le métabolisme. Il est évident que lorsque la caractéristique physiologique dominante coexiste avec une particularité morphologique importante, on aboutit à la formation de groupements semblables que l'on peut représenter schématiquement comme ci-après :

Eubactéries	B. sulfureuses incolores (2)	B. sulfureuses pourpres (3)	Rhodobactéries (4)	Nitrobactéries (4)
A Cellule sphérique.....	A1	A2	A3	A4
B Cellule ovoïde	B1	B2	B3	B4
C Cellule cylindrique.....	C1	C2	C3	C4
D Cellule incurvée	D1	D2	D3	D4
E Cellule enroulée en hélice	E1	E2	E3	E4
F Cellules en chaîne, gaine commune.....	F1	F2	F3	F4

Il existe une dénomination différente pour les formes A,B,C,D,E,F, selon qu'elles appartiennent aux séries 1, 2, 3, 4, n. Mais il n'est pas possible de dresser un tableau complet, car, d'une part, il existe des formes qui ne sont pas représentées dans les séries 1-4: c'est le cas des *Bacilles fusiformes*, des formes ramifiées, des *Myxobactéries* et des *Spirochètes*, des *Critispira*. D'autre part, l'augmentation du *nombre des séries* 1, 2, 3, 4 *ne peut être que très restreinte;* la classification des Hyphomycètes n'a pas été basée sur des propriétés biochimiques, pas plus que celle des Algues bleues;

3° On arrive à *un troisième mode de classification* en considérant les ressemblances avec les organismes classés chez les Animaux ou les Végétaux. Ce procédé, qui repose sur des suppositions erronées, est plus fantaisiste que scientifique.

Bactéries ressemblant :

aux *Algues bleues : Sulfuraires filamenteuses; Leuconostoc.*
aux *Hyphomycètes : Acido-résistants.*
aux *Levures : Azotobacter; Bacilles eudosporés.*
aux *Flagellés : Chromatium.*
aux *Protozoaires : Spirochète; Treponème; Leptospira; Critispira.*

En réalité, il est impossible de préciser les affinités de la majeure partie des espèces. Cette méthode est peu utilisable;

4° Il est inutile de songer à un système uniquement basé sur un *caractère physiologique ou biochimique* qui dépend de la présence d'une diatase; il faudrait choisir quelle est celle qui est plus spécialement intéressante, et l'on risque de tomber dans l'arbitraire;

5° On voit que la subordination des caractères et l'introduction de ce principe est plus facile si l'on retient *les données morphologiques*.

Le choix des caractères morphologiques se heurte à deux objections : l'existence de formes intermédiaires et le polymorphisme vrai de certaines espèces. Il est difficile de séparer nettement un *Coccus* d'un *Cocco-bacillus*, de différencier un *Vibrio* d'un *Spirillum*. Il existe des intermédiaires entre les *Spirilles* et les *Spirochètes*, tels qu'ils sont actuellement définis. Le mode d'association cellulaire présente tous les degrés : il existe des transitions insensibles entre la zooglée constante et la sécrétion de mucilage intercellulaire. Mais la définition morphologique est plus commode que la définition physiologique. Alors que la plupart des formes sont connues (on ne découvre guère que des espèces), les propriétés physiologiques le sont bien moins. On peut sortir de cet embarras en se proposant un but restreint. Le point de vue médical par exemple est essentiellement un but pratique, d'importance exceptionnelle; il inspirera des distinctions difficiles à observer au point de vue botanique; il en est de même des autres directives d'application.

On peut ranger les formes d'une autre manière, en le complétant. Considérons l'association des cellules. Selon qu'il s'agira d'espèces libres et monocellulaires, d'espèces dont les cellules sont assemblées

en filaments engainés, ou réunies en zoogl*é*e, avec ou sans membrane commune, libres ou agrégés, nous aurons trois groupes, qui peuvent être désignés avec les noms respectifs de *Bactéries libres*, *de Trichobactéries* et de *Synbactéries.*

Nous laissons de côté les *Infrabactéries* (1) : Comment limiter ce groupe ? Il ne faut guère songer au mouvement brownien qui se constate déjà chez les espèces de 0,5 μ de diamètre. La visibilité à l'ultramicroscope n'est pas une caractéristique quantitative. La filtration à travers la porcelaine ou des membranes de collodion n'est pas spéciale aux microbes de très petites dimensions; elle dépend de propriétés physiques indépendantes de la taille. On pourrait, ce me semble, adopter arbitrairement la dimension de 0,15 μ, qui correspond pratiquement à la limite de visibilité; mais c'est là un artifice trop conventionnel. Il est indubitable que des microbes plus puissants, et des appareils microphotographiques utilisant de très petites ondes seraient de très grand secours. Certains inframicrobes ne sont vraisemblablement constitués que d'une micelle de protéine, si l'on admet les chiffres adoptés pour les molécules de protéine. De telles études sont plutôt du ressort de la physico-chimie que de la morphologie.

Puisque le mode d'association est choisi en premier lieu, les caractères utilisés dans chaque classe ne seront pas les mêmes :

a) *Bactéries libres.* — Le mode de reproduction (endospore, arthrospore) est subordonné à la forme de la cellule. Chez les *Oscillariées* parasites, il existe parfois une endospore, laquelle n'a jamais été constatée chez les formes libres ayant de la phycocyanine; l'endospore serait apparue secondairement. On peut admettre qu'il en est de même pour les Bactéries; en effet, les espèces vivant en milieu purement minéral ne possèdent pas d'endospores. Les familles sont définies par la forme de la cellule :

Cellules sphériques, *Sphérobactériacées.*
Cellules ovoïdes ou cylindriques, *Bactériacées.*
Cellules plus ou moins enroulées en hélice, *Spirillacées.*
Cellules ramifiées, *Mycobactériacées*, etc...

Dans chaque tribu, la formation des genres peut être basée sur la forme. La constitution des genres résultera de la présence et du nombre de spores; celle des espèces, de la présence de cils ou de faisceaux de cils. On peut suivre les distinctions de Massea :

pas de cils;
un seul cil polaire (monitriche);
plusieurs cils, un faisceau de cils à l'un des pôles (lophotriche);
cils aux deux pôles (amphitriche);
cils sur toute la surface du corps (péritriche).

(1) Il s'agit des espèces ayant toujours la forme inframicrobienne (par exemple de Bactériophage) qui sont des parasites stricts.

Les cils auraient une origine rhizoplastique, selon Reichert, Fuhrmann, Dangeard. Nous complétons en plaçant le cas des ditriches (un cil à chaque pôle).

Nous n'avons jamais rien vu de semblable : le cil est dépourvu de rhizoplaste.

Pour les caractères spécifiques, on tient compte de l'aspect des colonies, des exigences culturales, des réactions biochimiques, de certaines propriétés de coloration, de la présence d'inclusions particulièrement abondantes (lipides, métachromatine, glycogène). Le diamètre de la Bactérie est un caractère spécifique important;

b) Les Bactéries filamenteuses ou *Trichobactéries* peuvent comprendre toutes les formes dont les cellules sont disposées en enfilade à l'intérieur d'une gaine mucilagineuse commune ou *Chlamybactéries*. La division en familles de la première tribu peut être fondée sur la ramification des filaments :

pas de ramifications, *Chlamydotrichicées;*
des ramifications, *Crenotrichicées*, etc...

La distinction des genres repose sur le mode de reproduction : la fragmentation simple, la production des conidies, de zoospores, etc...

Les *Actinomyces* se distinguent facilement des formes précédentes. Alors que les *Trichobactériacées* produisent une louche ou une croutelle dure, selon que le milieu de culture est liquide ou solide, les *Actinomyces* ont des colonies ressemblant à celles des moisissures;

c) Quant aux *Synbactéries*, dont les cellules sont plongées dans une substance mucilagineuse, que tous les auteurs signalent comme un groupe très différencié, elles offrent le maximum de complication structurale. La plasmolyse n'a pas encore été observée, probablement à cause de la minceur de la membrane; les espèces à membrane épaisse se plasmolysent facilement sous l'influence de solutions peu concentrées. Au moment de la sporulation, les cellules se raccourcissent, chaque cellule se transformant en spore spéciale qui ne peut être comparée ni à la conidie, ni à une arthrospore. Lors de la germination, la membrane sporifère est rejetée comme dans le cas des Bactéries endosporées. Les cellules mobiles n'ont pas de cils; elles glissent et progressent sans qu'il y ait flexion, comme cela a lieu pour certains *Spirilles* et *Bacilles* (du type *flexilis*). La particularité la plus remarquable est certainement la production d'organes de fructification, qui sont parfois portés par un pied ramifié, ressemblant à un champignon minuscule, porteur de corps ovoïdes, qui sont constitués par une multitude de cellules raccourcies, unies par une substance mucilagineuse, et dont l'ensemble est entouré d'une membrane, la membrane de kyste. Les cellules, qui se divisent par étirement, contiennent des granulations sidérophiles, se scindant équationnellement et réductionnellement au moment de la sporulation, selon Bastian, qui aurait observé un cas d'autogamie chez *Myxococcus aureus*, une fusion de deux granules consécutivement à une division cellulaire ne s'étant pas effectuée complètement. Ces gra-

nules ont d'ailleurs un aspect différent de celui d'un chromosome. Cette formation chromatique devient moins nette à la fin de la sporogénèse; elle se transforme en une série de granulations qui, lors de la germination, se condensent en un granule unique se divisant deux fois. Deux granulations se répartissent à la périphérie, tandis que les autres sont englobées dans le germe, qui s'entoure aussitôt d'une membrane concentrique à la première. Il y aurait donc une haplophase, conjugaison des granules, différenciation de la spore ronde (ou stade diplophase), germination, réduction chromatique, avec expulsion de la moitié des éléments chromatiques. L'auteur se sert de l'acide cosmique comme fixateur et du Giemsa, du Gram modifié pour la mise en évidence des bâtonnets chromatiques. Or, ces colorants, employés seuls, ne sont pas particulièrement indiqués, car l'on sait qu'ils colorent les précipités vacuolaires. Et l'auteur ne s'est précisément pas inquiété de ces images du vacuome qui peuvent être confondues avec des granulations nucléaires, de telle sorte qu'il convient d'attendre une confirmation de l'intéressant mémoire de Bastian. Chez les Synbactéries, on trouve deux séries parallèles de formes : les *Myxocaccées*, dont les spores sont sphériques, et les *Myxobactériacées*, dont les cellules reproductrices sont cylindriques. La division des familles repose sur la forme générale du thalle, des kystes, comme s'il s'agissait de Thallophytes; d'ailleurs, toutes les cellules des Synbactériées se ressemblent; elles sont assez longues, parfois ramifiées, et il n'est pas possible d'établir des distinctions motivées par la forme de la cellule.

Cet essai, qui n'aboutit pas à une classification naturelle, ne permet qu'un arrangement catalogué, plus rationnel que les précédents, car il place au premier plan le mode d'association. Une grande partie des *Spirochætales* (de la classification des Bactériologistes américains) ne peut être placée parmi les *Spirillacées*. Les *Spirochètes* se différencient par la flexibilité du corps, d'après la plupart des mémoires, des traités et manuels; or, il existe des Bacilles flexibles qui ont été signalés par Dobell, et Dubosq et Grasse ont décrit des *Spirilles* flexibles. Les *Treponema* et *Saprospira* n'ont pas de structure spéciale; l'organisation, dite septée, existe chez certaines formes d'involution des Bacilles, chez les Spirilles. La structure des *Treponema* ressemble à tous égards à celle des Bactéries typiques : disposition alvéolaire du cytoplasme, chromatine diffuse. Le cas des *Spirochètes* est différent. Leur corps est traversé par un axe chromophile rigide, autour duquel les spires s'enroulent. La présence d'une crête, prolongement de l'épiplasme, avec fibrilles contractiles, indique le degré de différenciation des plus complexes chez les Bactéries. Les particularités des genres *Spirochæte* et *Cristispira* justifient leur classement dans une famille spéciale, les *Spirochétacées*. Il est aussi logique de désigner par *Spirochétales* l'ensemble des *Spirillacées* flexueuses et des *Spirochétacées*.

Il est fait une mention spéciale pour les espèces à zoogléе permanente. La présence d'une gaine commune entourant les cellules du

Classe des Eubactéries		Classe des Thiobactéries		Classe des Rhodothiobactéries		Classe des Rhodobactéries	
Cellules libres	Cellule sphérique..... *Cocaccées*	Ordre des Bactériales	*Thiophysacées*	Ordre des Thiobactériales	*Rhodothcciacées*	Ordre des Rhodothiobactériales	*Rhodococacées*	Ordre des Rhodobactériales
	Cellule cylindrique..... *Bactériacées*		*Achromatiacées ou Thiobactériacées*		*Chromatiacées* ou *Rhodothiobactériacées*		*Rhodobactériacées*	
	Cellule incurvée, en hélice ..... *Spirillacées*		*Thiospirillacées*		*Rhodothiospirillacées*		*Rhodospirillacées*	
	Cellule avec crète ou axe chromatique..... *Spirochètacées*		*Thiospirochètacées*		»		»	
	Cellule ramifiée..... *Corynobactériacées*		»		»		»	
	Cellule fusiforme..... *Fusiformacées*		»		*Rhabdochromatiacées*		»	
Cellules en colonies filamenteuses	Cellules filamenteuses, ou placées en enfilade *Trichobactériacées*	Trichobactériales	*Thiotrichiacées*	Thiotrichiales	*Rhodocapsacées* ou *Rhodothiotrichiacées*	Rhodothiotrichiales	»	»
Cellules assemblées en zooglée	une zooglée permanente de forme non définie. *Synbactériacées*	Synbactériales	»	Thiopédiales	Division cellulaire suivant : une direction de l'espace *Amœbobactériacées;* deux directions *Thiopédiacées* deux directions finalement *Lamprocystiacées;* trois directions *Thiocapsacées.*		*Rhodocystiacées*	Rhodocystiales
	des cordons mucilagineux, pas de spores.. *Rhizobiacées*							
	des spores { rondes..... *Chondrococaccées* ; cylindriques. *Chondromycétacées*							

Leuconostoc mesenteroïdes, de l'*Ascococcus*, des *Streptococcus* est due au métabolisme hydrocarboné. La présence de la gaine est un caractère assez constant. Le cas de certaines espèces, vivant assemblées en zooglée, colonie se déplaçant au moyen de mouvements amiboïdes, comme les *Amœbobacter*, est très curieux, à cause de sa rareté. Les *Thiocystis* vivent en zooglée d'une manière permanente. Ces formes ne correspondent à aucune de celles classées dans ce système. Une objection analogue est valable pour l'*Azotobacter chroococcum*, qui, d'après BEAUVERIE, présente des corps reproducteurs spéciaux, nets, nommés « corps endogènes »; on ne trouve rien de semblable chez les *Cocci*. Le mode de vie des *Rhodobactéries* justifie la réunion de formes diverses, et l'on arrive à la conception d'une classification en séries parallèles, car il est évident que les *Chromatium* ne peuvent pas être placés au voisinage des *Bacterium*. Ces Sulfuraires ont une ébauche de différenciation antéro-postérieure : une vacuole plus grande très distincte et facile à reconnaître, et un faisceau de cils réunis en flagelle, visible sans coloration, alors qu'il est nécessaire d'employer des méthodes spéciales pour mettre en évidence les cils des autres Bactéries.

6° Pour ces raisons, il semble impossible d'éviter la méthode suivie dans la classification des Algues, qui ont été classées en *séries* morphologiques : Algues vertes, Algues rouges et Algues bleues.

Remarquons que les « Fusiformes », que nous grouperons en une famille (comme divers auteurs l'ont fait pour les cellules rondes, cylindriques, ramifiées), ont été considérés comme nucléés. Si le fait est réellement constaté, il faudrait placer certains Fusiformes parmi les Champignons. Cette famille renferme des formes endosporées, des Fusiformes pouvant se transformer en Spirille, et *vice versa*. Le fusiforme de l'angine de VINCENT est une espèce pouvant être rangée provisoirement dans les Bactéries.

Il a été signalé des Bactéries vertes à pigment vert, différent de la chlorophylle et de la bactériochlorine, dont les propriétés spectroscopiques sont à différencier de la chlorophylle; NADSON conclut qu'il s'agit d'une chlorophylle inactive. Comme la structure et la position systématique sont encore à l'étude, nous ne pensons pas qu'il y ait lieu de s'occuper actuellement des formes bactériennes (?) dites « vertes ».

A. EUBACTERIES

Bactériales

1. COCACCÉES :

a) pas de corps endogènes ni de spores, g. *Coccus;* sous-groupes des *Diplococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Tetragenus*, *Sarcina;*

b) des corps endogènes, g. *Azotobacter* (1);

(1) A. CH. HOLLANDE et Mme G. HOLLANDE distinguent dans le Bacille typhique des corpuscules de résistance analogues aux corps endogènes, qu'ils nomment « renitocytes ».

Actuellement, on ne sait pas si ces formes de résistance filtrables sont spéciales à certaines espèces ou si elles se rencontrent chez toutes les Bactéries typiques.

c) des endospores, g. *Beijerinckella.*

2. Bactériacées :

pas d'endospores, tribu des *Bactériées : g. Bacterium.*
des spores, tribu des *Bacillées :*
a) une spore, g. *Bacillus* (ex. *B. subtilis*);
b) une spore plus large que la cellule, g. *Plectridium;*
c) deux spores, g. *Schaudinnum* (ex. *S. Butchlii*);
d) deux spores plus larges que la cellule, et placées aux extrémités, g. *Diplectridium;*
e) deux spores, corps flexible, g. *Dobellia* (*D. flexilis*).

3. Spirillacées:

pas de spores, corps non flexible, tribu des *Spirobactériées :*
a) cellule incurvée, g. *Vibrio;*
b) cellule enroulée en hélice, quelques spires, g. *Spirobactérium;*
c) diamètre cellulaire de 0μ25 environ, spires nombreuses, g. *Treponema;*
d) gros diamètre, espèces de grandes dimensions, cyptoplasme à disposition septée, g. *Saprospira;*

des endospores, tribu des *Spirillées* (classification semblable à celle des *Bacillées*) :

a) une spore, g. *Spirillum*, etc.
b) une spore faisant saillie, g. *Plectrispirillum* (ex. *P. rugula*).
c) plusieurs spores, g. *Polyspora.*

Cellules tordues autour de l'axe, enroulées, formes oxydant le fer, tribu des *Spirophyllées :* g. *Spirophyllum.*

4. Spirochætacées :

a) un axe chromatique, g. *Spirochæte;*
b) un axe chromatique, des appendices flagelliformes terminés en boule, double enroulement, dont le plus grand a une forme d'S, g. *Leptospira;*
c) une crête (crista), espèces de grandes dimensions, g. *Critispira.*

5 Corynebactériacées : g. *Corynbactérium;* g. *Mycobacterium.*

6. Fusiformacées :

a) pas de spores, g. *Fusiformis;*
b) une spore, cellule courte, g. *Clostridium;*
c) deux spores, g. *Kochella.*

Trichobactériales (1)

1. Trichobactériacées :

une rangée de cellules, tribu des *Trichobactériées;*

(1) Nous n'avons pas rangé dans ce groupe les Actinomycètes, dont la ressemblance avec les Champignons se précise de plus en plus. On trouve dans le cytoplasme des Actinomycètes des corpuscules possédant les caractères des noyaux.

pas de conidies :

a) reproduction par fragmentation, g. *Leptothrix;*

b) reproduction par cellules ciliées, g. *Chlamydothrix;*

des conidies : g. *Crenothrix;*

plusieurs rangées de cellules, tribu des *Phragmidiotrichées* : g. *Phragmidiothrix.*

Synbactériales

1. Synbactériacées :

a) Cellules assemblées constamment dans un mucilage, g. *Synbacterium;*

b) cellules rondes disposées en chaînes, g. *Leuconostoc;*

c) cellules rondes disposées en massifs, mucilage entourant plusieurs cellules, g. *Ascococus;*

d) cellules oxydant le fer, cellules rondes, g. *Siderocapsa;*

e) cellules oxydant le fer, cellules en bâtonnet, g. *Sideromonas.*

2. Rhizobiacées :

g. *Rhizobium.*

3. Chondrococaccées :

a) organe de fructification en forme de pilier; spores englobées dans une gelée tendre, g. *Myxococcus;*

b) organe de fructification en forme de corail, g. *Chondrococcus;*

c) organe de fructification cylindrique, g. *Angiococcus.*

4. Chondromycétacées :

pas de kystes, tribu des *Archangiées :*

a) pas de rameaux, g. *Archangium;*

b) organe de fructification ramifié, g. *Stellangium;*

des kystes, tribu des *Chondromyciées :*

espèces dont l'organe de fructification est sessile :

a) kystes polyédriques, g. *Sorangium;*

b) kystes sphériques, g. *Polyangium;*

kystes portés au sommet des rameaux :

a) kystes rassemblés sur un support plat, g. *Melittangium;*

b) un seul kyste par rameau, g. *Podangium;*

c) plusieurs kystes par rameau, g. *Chondromyces.*

On ne trouve des endospores que chez les Eubactéries.

B. THIOBACTERIES

Thiobactériales

1. Thiophysacées :

a) cellules sphériques, g. *Thiophysa;*

b) cellules ovoïdes, g. *Thiovulum.*

2. Thiobactériacées ou Achromatiacées :

g. *Achromatium*.

3. Thiospirillacées :

a) *Thiovibrio;*
b) spires peu serrées, g. *Thiospira*.

4. Thiospirochétacées :

g. *Thiocristipira* (ex. *T. elongata*).

Thiotrichiales

1. Thiotrichiacées :

pas de gaine commune :
a) filaments mobiles, g. *Beggiatoa;*
b) filaments immobiles, g. *Thiothrix;*
une gaine commune, g. *Thioplaca*.

C. RHODOTHIOBACTERIES

Rhodothiobactériales

1. Rhodothéciacées :

g. *Rhodothece*.

2. Rhodothiobactériacées ou Chromatiacées :

a) formes courtes, g. *Chromatium;*
b) formes en bâtonnet, g. *Rhodothiobacterium* (ex. *R. gracile*).

3. Rhabdochromatiacées :

g. *Rhabdochromatium;*

4. Rhodothiospirillacées :

a) g. *Rhodothiovibrio;*
b) g. *Rhodothiospirillum*.

Rhodothiotrichiales ou Rhodocapsales

1. Rhodothiotrichiacées ou Rhodocapsacées :

g. *Rhodocapsa*.

Thiopédiales

1 Amœbobactériacées :

a) cellules fusiformes unies par leurs extrémités, g. *Thiodictyon;*
b) colonies mobiles, g. *Amœbobacter;*
c) colonies immobiles, cellules pressées les unes contre les autres, g. *Thiopolycoccus;*
d) gaine très épaisse entourant les cellules, g. *Thiothece*

3. Thiopédiacées : *g. Thiopedia;*

4. Thiocapsacées :

a) cellules reproductrices mobiles de ciliées, g. *Thiocystis;*
b) pas de formes mobiles, g. *Thiocapsa;*
c) cellules groupées en paquets, g. *Thiosarcina.*

D. RHODOBACTERIES

Rhodobactériales

1. Rhodococcacées :

g. *Rhodococcus.*

2 Rhodobactériacées :

g. *Rhodobactérium.*

3. Rhodospirillacées :

a) g. *Rhodovibrio;*
b) g. *Rhodospirillum.*

Rhodocystiales

1. Rhodocystiacées :

a) g. *Rhodonostoc;*
b) cellules allongées du type Bacterium, g. *Rhodocystis.*

La presque totalité des appellations anciennes ont été conservées.

Dans les Sulfuraires rouges, certaines familles, comme les *Amœbactériacées*, auraient une existence parfaitement justifiée, un genre, le *g. Amœbobacter*, dont les colonies mobiles, fait rare en bactériologie, permettent le maintien de cette famille. Le mode d'association des *Thiodictyon* et des *Thiopolycoccus* n'a rien de commun avec la zooglée typique. Le rapprochement des formes des diverses classes : *Eubactériales*, *Thiobactériales*, etc., n'a pas pour but de voir des séries de formes identiques, ce qui, d'ailleurs, serait utopique. Ainsi, il est facile d'homologuer étroitement les *Spirilles* entre eux, les formes qui possèdent une crête permettant de les rapprocher des *Spirochétacées*. Cette méthode est surtout une hypothèse de travail. Nous croyons avoir montré qu'un système fondé uniquement sur la morphologie est désirable. Les recherches cytologiques et physiologiques ne sont pas en contradiction avec cette conception.

Nous n'avons pas mis le nom de priorité des auteurs. Il arrive en effet que les classificateurs fassent abstraction du sens des termes créés primitivement; ainsi, on désigne sous le nom générique de *Clostridium* : 1° des cellules renflées en leur milieu, au moment de la germination; 2° nous admettons ce nom pour les cellules libres, fusiformes et endosporées. Le terme *Bacillus* signifie cellule avec

spores ou cellule mobile ciliée, selon les auteurs; pour le terme *Bactérium*, c'est le contraire. Si les genres *Kochella* et *Dobellia*, par exemple, ont été délimités, nous n'entendons voir là aucunement des appellations définitives comme toutes celles qui ont été citées uniquement pour la clarté du texte : nous nous sommes inspiré des usages les plus fréquents; cela est plus commode pour le lecteur que de désigner les familles par des majuscules, les genres par des minuscules et de représenter les espèces par des chiffres. Nous avons pensé que les auteurs qui ont mis en lumière des particularités aussi importantes étaient naturellement désignés.

Nous avons surtout insisté sur l'utilité d'une classification basée sur l'écologie et la morphologie, la description des sous-groupes, sous-genres et des espèces devant être effectuée d'après les caractères tels que les propriétés pathogènes et ses degrés, la présence ou l'absence de cils, le diamètre, l'épaisseur de la membrane, la présence de formes d'involution, coloration de Gram, réactions, etc. On arrive ainsi à délimiter des groupes : *Pasteurella*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, etc., dont l'intérêt pratique et parasitologique est très grand.

F. RESUME

Ces observations, qui nous ont été suggérées en comparant les différents systèmes de classification morphologique, physiologique et phylogénique, nous ont amené à considérer provisoirement dans l'embranchement des Bactéries deux séries parallèles de formes : d'une part, les Bactéries possédant un pigment carotinien rouge, la bactériopurpurine; d'autre part, les espèces qui en sont dépourvues. Ces deux séries étant comparées entre elles par l'existence de séries intermédiaires, celle des Sulfuraires incolores et celle des Sulfuraires pourprées. Chacune de ces séries peut être divisée en formes libres, formes filamenteuses et formes vivant en colonies permanentes, le plus souvent en zoogléées. Ces groupes sont généralement subdivisés en familles, d'après les caractères du thalle, la forme de la cellule et la présence ou l'absence de spores pour les espèces libres, la forme du filament et celle des cellules reproductrices pour les Trichobactéries. Les caractères de l'association sont utilisés pour les formes assemblées en colonies.

Cet arrangement schématique est purement hypothétique; on sait combien les Bactéries sont difficiles à classer, en admettant que leur classification naturelle soit actuellement possible.

LADISLAS GORCZYNSKI

Docteur ès Sciences

Sur le Calcul de la Transparence Atmosphérique

POUR LA RADIATION SOLAIRE

et son application aux oasis sahariennes

Sommaire

L'auteur développe une méthode simple pour calculer les degrés de la transparence atmosphérique d'après les valeurs Q de l'intensité du rayonnement solaire observées avec les actinomètres.

L'intérêt du calcul de la transparence atmosphérique proposé par l'auteur consiste en ce que les degrés P en question, établis d'après la relation très simple :

$$P = (1.94 - Q^{sec}) : 1.94 - Q^{obs.})$$

englobent à la fois l'effet de la vapeur d'eau et du trouble atmosphérique en général. On élimine ainsi la difficulté réelle de l'évaluation des pertes dues à la vapeur d'eau par les simples observations psychrométriques effectuées près du sol.

Les degrés de transparence P, calculés d'après la formule donnée plus haut (où Q *sec* signifie l'intensité du rayonnement solaire pour l'air parfaitement pur et sec), montrent en général une diminution quand on se dirige des régions septentrionales vers l'Equateur.

Pour les montagnes, les degrés P augmentent assez rapidement avec l'altitude.

Comme les degrés P dépendent de la hauteur du soleil h, citons les valeurs correspondantes pour h = 30°.

Hautes latitudes (Spitsberg, en Finlande, etc.)	1.26 cal.	59 %
Océan Atlantique (latitudes de 45° à 25° Nord)	1.10 »	48 %
Océan Indien (au Nord de l'Equateur)	1.01 »	43 %
Montagnes :		
Altitude 2 km	1.40 »	62 %
Altitude 1 km	1.22 »	50 %

Plaines :

européennes	1.08 »	39 %
équatoriales	0.99 »	34 %

Les valeurs Q de l'intensité du rayonnement solaire données plus haut se rapportent aux intensités observées sans la réduction à la distance moyenne de la terre au soleil.

Il s'ensuit que les degrés P de la transparence atmosphérique varient dans des limites assez larges. Ils diminuent en général quand la vapeur d'eau augmente dans les couches atmosphériques; il en est de même sous l'influence du trouble atmosphérique, qui réduit si considérablement les degrés de transparence P dans les plaines (p. ex. à Varsovie et à Washington).

Appliqué aux oasis sahariennes, le calcul de la transparence atmosphérique nous montre l'état privilégié des régions désertiques au point de vue des pertes subies par le rayonnement solaire au-dessus de ces contrées.

Passons maintenant à l'exposé plus détaillé du calcul de la transparence que nous présentons dans les parties suivantes :

I. Valeurs de l'intensité du rayonnement solaire pour l'air parfaitement pur et sec.

II. Formules et tables pour l'évaluation du degré de transparence atmosphérique.

III. Exemples du calcul du degré de la transparence P.

IV. Applications du calcul du degré de la transparence du rayonnement solaire aux oasis sahariennes.

Conclusions.

I. Valeurs de l'intensité du rayonnement solaire pour l'air parfaitement pur et sec

Comme on le sait, l'intensité du rayonnement solaire dans un certain endroit et pour un temps déterminé dépend :

1° de la distance zénithale du soleil ou des épaisseurs atmosphériques correspondantes;

2° de la distance de la terre au soleil;

3° de la diffusion produite par les molécules des différents gaz de l'air pur et sec et, aussi, par la vapeur d'eau dans les couches atmosphériques;

4° de l'absorption sélective de la vapeur d'eau et, en outre, de celle des différents autres constituants de l'atmosphère;

5° de la diffusion et de l'absorption, due à l'effet des différentes particules ou gouttelettes, plus ou moins grosses (au-dessus des Océans, aussi de minuscules cristaux de sel), suspendus surtout dans

les couches basses de l'atmosphère terrestre et qu'on englobe sous le nom général de brume, poussière ou trouble atmosphérique;

6° enfin, de la réflexion de la surface supérieure des nuages et de l'effet de l'ensemble du ciel nuageux en général.

Les variations principales de l'intensité du rayonnement solaire sont occasionnées par la position du soleil ou, ce qui revient au même, par les variations de l'épaisseur atmosphérique traversée; ensuite interviennent la distance variable de la terre au soleil et l'effet de la brume ou du trouble dans l'atmosphère.

Désignons par :

Q^m = l'intensité globale de tous les rayons du spectre solaire après le passage de l'épaisseur *m* dans l'atmosphère terrestre. Pour la valeur de Q^o (l'intensité à la limite de notre atmosphère), on peut admettre en chiffres ronds Q^o = 1.94 cal. gr./cm² min., pour une surface exposée normalement aux rayons solaires à la distance moyenne de la terre.

m = épaisseur des couches atmosphériques traversées par le rayonnement venant du soleil. Cette épaisseur dépend de la hauteur du soleil *h* au-dessus de l'horizon et peut être immédiatement établie d'après le tableau II donné plus loin.

La valeur :

$Q^m = Q^{m'}$ (air sec et pur) — I (vapeur d'eau) — II (ozone) — III (brume)

où les trois derniers termes soustractifs I, II et III se rapportent successivement à l'absorption sélective de la vapeur d'eau, à l'absorption des gaz atmosphériques avec l'ozone en tête et, finalement, à l'absorption et la diffusion par la brume ou poussière atmosphérique. Dans le cas simple d'une atmosphère parfaitement pure (III = 0) et d'un air totalement sec (I = 0), on a :

$$Q^m = Q^{m'} \text{ (air sec et pur)} - \text{II (ozone)}.$$

D'après les travaux de Fowle et Buisson, Cabannes et Dufay, on peut admettre, suivant les calculs récents de M. Kastrow :

Valeurs de l'intensité Q^m du rayonnement solaire dans l'atmosphère totalement dépourvue de vapeur et de poussière tenant compte de l'absorption de l'ozone et d'autres gaz atmosphériques :

Epaisseur m		$Q'm$ en % de la constante solaire Qo	II Ozone	Qm	Qm en calories (Qo = 1,94 cal.)
1	atmosphère.....	91,8	1,3	90,5	1,755
2	atmosphères.....	85,6	1,9	83,7	1,62
3	—	80,7	2,4	78,3	1,52
4	—	76,7	2,8	73,9	1,435
6	—	70,4	3,5	66,9	1,30
8	—	65,6	3,9	61,7	1,20
10	—	61,8	4,2	57,6	1,12

Les intensités Q^m en calories qui figurent dans la dernière colonne sont légèrement arrondies; elles représentent en même temps les maxima absolus de l'intensité du rayonnement solaire qui ne peuvent pas être dépassés par les valeurs directement observées dans notre atmosphère, toujours plus ou moins chargée de vapeur d'eau et de poussière sous différentes formes.

II. Formules et tables pour l'évaluation du degré de transparence atmosphérique

Puisque, dans les pertes de l'énergie solaire observées après le passage à travers une certaine épaisseur m de l'atmosphère terrestre, il s'agit toujours de l'influence de la brume ou de la poussière (trouble) atmosphérique, on aurait intérêt à pouvoir établir, dans chaque cas, le degré de transparence des couches par lesquelles passe le rayonnement. L'idée n'est pas nouvelle et a été prise en considération par plusieurs spécialistes. M. Linke a proposé une formule logarithmique pour calculer son « facteur de la turbidité atmosphérique » dont on s'est servi déjà plusieurs fois. Dans cet ordre d'idées, il nous a semblé utile d'appliquer un coefficient plutôt inverse et notamment *le degré de la transparence atmosphérique* P calculé au moyen de la relation fort simple :

$$P = (Q^o - Q^{sec}) : (Q^o - Q^{abs}).$$

qu'on exprime en pourcentage de 0 à 100. On forme les différences entre la valeur observée et la valeur Q^o (qu'on pourrait admettre égale à 1,94 cal.) et aussi entre la valeur correspondante de Q^{sec} pour la même épaisseur m. Il est bien entendu que les valeurs de Q^{obs} doivent être ramenées à la distance moyenne de la terre au soleil au moyen de corrections qui varient entre −3,3 % (décembre-janvier) jusqu'à +3,4 % (juin-juillet) et passent par zéro au commencement d'avril et d'octobre (voir tableau III).

Comme valeur de Q^{sec}, on prend les données suivantes établies plus haut pour l'air pur et sec :

pour m =	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	6	atmosphères.
Q^{sec} =	1,84	1,755	1,69	1,62	1,57	1,52	1,435	1,30	cal.
Différ.	0,04	,055	,07	,08	,09	,10	,12	,16	cal.
Q^{rel}	1,80	1,70	1,62	1,54	1,48	1,42	1,315	1,14	cal.

Connaissant les valeurs de Q^{sec} pour les différentes épaisseurs m, on calcule les degrés de transparence atmosphérique que nous appelons absolus bien que les données numériques pour Q^{sec} ne méritent pas encore d'être considérées comme absolument définitives. Nous proposons cela tout simplement pour les distinguer de « degrés relatifs »

$$P^{rel.} = (Q^o - Q^{rel.}) : (Q^o - Q^{abs.}). \qquad (3\ bis)$$

qui nous renseignent sur le degré de transparence, non pas par rapport à l'atmosphère parfaitement sèche et pure, qui ne se rencontre pratiquement jamais dans les mesures actinométriques, mais par rapport à une atmosphère déjà un peu humide qui nous sert alors comme étalon conventionnel pour les comparaisons.

Quant aux valeurs relatives $Q^{rel.}$, nous les avons obtenues de Q^{sec} en diminuant ces dernières de 0,07 cal. pour $m = 1.5$ et ensuite encore de 0.02 cal. pour chaque unité additionnelle de l'épaisseur; pour l'intervalle de $m = 0.5$ à $m = 1.5$, on a admis pourtant une perte de 0.04 à 0.07 cal. vu la localisation spéciale de la vapeur d'eau quand on s'élève au-dessus du niveau de la mer.

Comme le degré de transparence, suivant la définition (3) ou (3*bis*), ne présente pas un coefficient purement physique, mais une expression commode, pour le moment, pour nous rendre compte sommairement de la transparence atmosphérique, on pourrait choisir les valeurs de Q^{rel}, suivant les besoins particuliers des problèmes qu'on examine.

Les tableaux 1 et 1 *bis* nous permettent d'établir, presque immédiatement, à première vue, le degré relatif ou absolu $P^{rel.}$ ou P de la transparence atmosphérique lorsqu'on connaît l'épaisseur m.

Les différences entre $P^{rel.}$ et P oscillent pour la plupart des cas entre 8 et 18 % en augmentant avec l'épaisseur m.

Q (cal.) =	1.70	1.65	1.60	1.50	1.25	1.00
m (atm.) = 0.5.....	16 %	14 %	12 %	11 %	8 %	5 %
= 1.0.....	20	18	16	12	7	5
= 1.5.....			20	16	10	7
= 2				18	11	9
= 4					18	12

Nous donnons par la suite quelques exemples du calcul du degré de la transparence atmosphérique.

TABLEAU I

Degrés relatifs P rel. *de la transparence atmosphérique en fonction de l'intensité Q du rayonnement solaire et de l'épaisseur atmosphérique* m.

Epaisseurs	Intensités Q en calories, réduites à la distance moyenne									
m	0.90	1.00	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.50
Atm.	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0.6	15	17	19	20	22	23	25	27	30	36
7	17	19	21	23	24	26	28	31	33	41
8	19	21	24	25	27	29	31	34	37	45

Tableau I (suite)

Epaisseurs	Intensités Q en calories, réduites à la distance moyenne									
m	0.90	1.00	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45
0.9	21	23	26	28	30	32	34	37	40	50
1.0	23	25	28	30	32	34	37	41	44	54
1.1	24	27	30	32	34	37	40	43	47	58
1.2	26	29	32	34	37	40	43	46	50	62
1.3	28	31	34	36	39	42	45	49	53	65
1.4	29	32	36	38	41	44	48	52	56	69
1.5	31	34	38	40	43	46	50	54	59	73
1.6	32	36	40	43	46	49	53	57	62	76
1.7	34	37	42	45	48	51	55	60	65	80
1.8	35	39	44	47	50	53	57	62	68	84
1.9	37	41	46	49	52	56	60	65	71	87
2.0	39	43	48	51	54	58	63	68	74	91
2.1	40	44	49	53	56	60	65	70	77	94
2.2	41	46	51	54	58	62	67	73	79	98
2.3	43	47	53	56	60	64	69	75	82	»
2.4	44	48	54	57	61	66	71	77	84	»
2.5	45	50	55	59	63	68	73	79	86	»
2.6	46	51	57	60	64	69	75	81	88	»
2.7	47	52	58	62	66	71	76	83	90	»
2.8	48	53	59	63	67	72	78	85	92	»
2.9	49	54	61	65	69	74	80	86	94	»
3.0	50	55	62	66	70	75	81	88	96	»
4.0	60	66	74	79	85	91	98	»	»	»
5.0	69	76	85	91	97	»	»	»	»	»

m	1.44	1.48	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.70
0.5	28	31	33	35	37	39	41	44	48	58
0.6	32	35	38	40	42	44	47	50	55	67
0.7	36	39	43	45	47	50	53	56	62	75
0.8	40	44	48	50	53	56	59	62	69	83
0.9	44	48	52	55	58	61	64	68	75	91
1.0	47	51	56	59	62	66	70	74	82	98
1.1	51	55	60	64	67	71	75	80	88	»
1.2	54	59	64	68	72	76	80	85	94	»
1.3	58	63	68	72	76	80	85	90	99	»
1.4	61	66	72	76	80	85	90	95	»	»
1.5	64	70	76	80	84	89	94	100	»	»
1.6	67	73	80	84	88	93	99	»	»	»
1.7	70	77	84	88	93	98	»	»	»	»
1.8	74	80	88	92	97	»	»	»	»	»
1.9	77	83	91	96	»	»	»	»	»	»
2.0	80	87	95	100	»	»	»	»	»	»

TABLEAU I *bis*

Degrés « absolus » P de la transparence atmosphérique par rapport à l'air parfaitement pur et sec

Epaisseurs atmosp.	Intensités en cal. réduites à la distance moyenne								
	1.70	1.68	1.66	1.64	1.62	1.60	1.58	1.56	1.54
0.5	42	38	36	33	31	29	28	26	25
0.6	50	46	43	40	38	35	33	32	30
0.7	56	52	48	45	42	40	38	36	34
0.8	63	58	54	50	47	44	42	39	37
0.9	69	63	59	55	52	49	46	43	41
1.0	78	71	66	62	58	54	51	48	46
1.25	92	85	78	73	68	65	61	58	55
1.5	»	96	89	82	78	74	69	66	63
1.75	»	»	»	95	89	84	79	75	72
2.0	»	»	»	»	100	94	89	84	80
2.5	»	»	»	»	»	»	»	97	93
	1.50	1.45	1.40	1.35	1.30	1.25	1.20	1.10	1.00
0.8	34	31	28	25	23	22	20	18	16
1.0	42	38	35	32	29	27	25	22	20
1.25	50	45	41	37	34	31	29	26	23
1.5	57	51	46	42	39	36	34	30	27
1.75	65	58	53	48	45	41	39	34	30
2.0	73	65	59	54	50	47	44	38	34
2.5	84	76	69	63	58	54	50	44	39
3	95	86	78	71	66	61	57	50	45
4	»	»	94	86	79	73	68	60	54
6	»	»	»	»	100	92	86	76	68

Exemples du calcul du degré de la transparence atmosphérique P

Supposons tout d'abord un cas un peu plus compliqué d'une mesure actinométrique effectuée le 13 mars par exemple, sur une montagne, à une altitude voisine de 2.750 mètres, où la pression barométrique observée en même temps fut égale à 565 mm, ce qui représente 0.74 de la pression normale de 760 mm au niveau de la mer.

Si l'intensité mesurée avec un actinomètre fut :

$$Q = 1.57 \text{ cal. pour la hauteur du soleil } h = 49° 8$$

nos tableaux numériques nous donnent immédiatement :

a) l'épaisseur atmosphérique d'après le tableau II :

$$m = 1.30 \times 0.74 = 0.96 \text{ atm.}$$

b) d'après le tableau III, on obtient pour le 13 mars :

— 1,1 %

et alors pour l'intensité déjà réduite à la distance moyenne de la terre 1.57 — 0.011 × 1.57 = 1.55.

Pour les valeurs 1.55 cal. et 0.96 atm., le tableau I nous donne finalement le degré relatif de la transparence :

$P^{rel.}$ = 59 %.

Le degré absolu de la transparence P serait, dans les mêmes conditions (d'après le tableau 1 *bis*) :

P = 44 %.

Le calcul du degré de la tranparence atmosphérique est encore plus simple quand il s'agit des valeurs annuelles de l'intensité Q; dans ce cas, l'usage du tableau III (pour la réduction à la distance moyenne de la terre) devient superflu.

Supposons par exemple qu'il s'agisse d'établir le degré de la transparence pour la Station Botanique de l'Ariana, près Tunis, où l'intensité moyenne annuelle (Q = 1.155 cal.) fut établie pour h = 30° (correspondant d'après le tableau II à m = 2.0 atm. étant donné l'altitude de l'Ariana, de quelques mètres seulement au-dessus du niveau de la mer). Le tableau I nous montre immédiatement :

$P^{rel.}$ = 51 %.

TABLEAU II

Valeurs de l'épaisseur atmosphérique m en fonction de la hauteur du soleil h

h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80°	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00
70°	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02
60°	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.09	1.09	1.08	1.07
50°	1.30	1.28	1.27	1.25	1.24	1.22	1.20	1.19	1.18	1.17
40°	1.55	1.52	1.49	1.46	1.44	1.41	1.39	1.37	1.34	1.32
30°	2.00	1.94	1.88	1.83	1.78	1.74	1.70	1.66	1.62	1.59
20°	2.90	2.77	2.65	2.55	2.45	2.36	2.27	2.19	2.12	2.06
10°	5.60	5.12	4.72	4.37	4.08	3.82	3.59	3.39	3.21	3.05
0°	40.0	27.0	19.8	15.4	12.4	10.4	8.90	7.77	6.88	6.18

Exemple du calcul. Pour une hauteur du soleil h = 46° 8 on obtient l'épaisseur m = 1.37, pour h = 19° 3 on a m = 3.00 atm. et ainsi de suite. Pour les positions très basses du soleil (à partir de h = 7° p. ex.), il faudrait utiliser des tables plus complètes (par exemple *Smithsonian Physical Tables* éditées à Washington).

Remarque importante :

Les épaisseurs atmosphériques m données plus haut sont calculées pour le niveau de la mer. Pour les stations situées à une altitude H mètres, où la pression barométrique moyenne est b^{mm} (au lieu de B au niveau de la mer), il faut multiplier les valeurs de m obtenues dans notre table par le facteur b/B. Ainsi, par exemple, pour une altitude de 2.450 mètres avec la pression barométrique de 565^{mm} au lieu de 760^{mm} au niveau de la mer, on obtient :

$$m \text{ (altitude 2.450 m)} = \text{m (niveau de la mer)} \times \frac{565}{760}$$

Au lieu de m = 2.0 au niveau de la mer, on obtiendrait donc dans notre cas 2.0 × 0.74 = 1.48 atm.

Comme valeurs moyennes on peut admettre en première approximation :

Pression barométrique en mm :	760	674	596	526	462	405
Hauteur en mètres :	0	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000
Rapport b/B	1.00	0,887	0,784	0,692	0,608	0,533

Tableau III

Réduction à la distance moyenne de la terre au soleil (en % des valeurs de l'intensité Q directement observées)

Mois	Date de chaque mois					
	5	10	15	20	25	30
	%	%	%	%	%	%
Janvier	—3.3	—3.3	—3.2	—3.2	—3.0	—2.9
Février	—2.7	—2.6	—2.4	—2.2	—1.9	»
Mars	—1.5	—1.3	—1.0	—0.8	—0.5	—0.2
Avril	+0.1	+0.5	+0.8	+1.1	+1.3	+1.5
Mai	+1.8	+2.1	+2.3	+2.4	+2.6	+2.8
Juin	+3.0	+3.1	+3.2	+3.3	+3.3	+3.4
Juillet	+3.4	+3.4	+3.3	+3.2	+3.1	+3.0
Août	+2.9	+2.7	+2.6	+2.4	+2.1	+1.9
Septembre	+1.6	+1.3	+1.0	+0.7	+0.4	+0.2
Octobre	—0.1	—0.4	—0.7	—1.0	—1.3	—1.5
Novembre	—1.8	—2.0	—2.2	—2.5	—2.7	—2.8
Décembre	—2.9	—3.1	—3.2	—3.3	—3.3	—3.3

Exemple. — Pour le 3 avril, on trouve 0.0 %; pour le 28 janvier —2,9 %; pour le 21 septembre, +0.6 %, etc.

Ainsi donc, l'intensité Q = 1.31 cal. observée le 21 septembre correspond à l'intensité 1.31 + 1.31 × 0.006 = 1.318 cal. réduite à la distance moyenne de la terre au soleil.

IV. Application du calcul du degré de la transparence du rayonnement solaire aux oasis sahariennes

Commençons tout d'abord par les oasis sahariennes pour passer ensuite aux régions limitrophes de l'Afrique Française du Nord. C'est à l'oasis d'Ouargla (latitude = 31° 58' N; longitude = 3° 10' E. Gr.) que de nombreuses séries journalières, du lever jusqu'au coucher du soleil, des mesures de l'intensité du rayonnement solaire ont été effectuées, depuis la fin de décembre 1925 jusqu'à mi-avril 1926, au moyen de tubes pyrhéliométriques, de solarimètres, de pyrhéliographes thermoélectriques et d'un actinomètre bimétallique. Comme instruments de contrôle, nous ont servi deux pyrhéliomètres à compensation électrique (modèle d'Angström-Uppsala et aussi un instrument modifié Angström-Volochine).

Dans le tableau IV sont présentés les maxima diurnes de l'intensité du rayonnement solaire, avec leurs distances zénithales z au moment d'observation et aussi avec le degré de la transparence atmosphérique correspondant, pour presque tous les jours de la période à partir du 1er janvier jusqu'au 16 avril 1926, excepté quelques interruptions dues au vent de sable.

On voit que les maxima sont élevés dans cette oasis saharienne, atteignant :

17 janvier 1926..... Q = 1.57 Cal. P_{rel} = 81 % (m = 1.62)
22 février —..... Q = 1.59 » P_{rel} = 78 % (m = 1.34)
25 mars —..... Q = 1.58 » P_{rel} = 74 % (m = 1.19)

Ceci prouve que l'atmosphère est souvent très pure au Sahara, surtout pendant les mois d'hiver. Les degrés de transparence diminuent pourtant vers l'été, comme on le voit d'après les données de Touggourt et de l'Ariana.

D'après le tableau IV, on calcule aisément les valeurs moyennes :

1926	Jours d'obs.	Q. abs.	Z	m	P rel
Janvier.....	28	1.45	53°	1.66	64 %
Février.....	18	1.52	47°	1.46	70 %
Mars.....	22	1.51	35°	1.22	63 %
Avril.....	13	1.44	26°	1.11	52 %

Pour le mois de décembre 1925, nous avons seulement quatre jours de mesures qui nous donnent Q = 1.42 cal. z = 56°. Pour les trois mois d'hiver, on obtiendrait approximativement Q = 1.46. z = 52°, ce qui correspond, après la réduction de Q à la distance moyenne de la terre, à P_{rel} = 67 % pour m = 1.62 atm.

TABLEAU IV

Valeurs de l'intensité du rayonnement solaire observées, vers midi, à l'oasis d'Ouargla (Q = 32° O. N. h = 3°2 E, altitude H = 157 m), avec les hauteurs correspondantes du soleil (h) et les degrés de transparence atmosphérique.

ANNÉE 1926	JANVIER			FÉVRIER			MARS		
	Q obs.	h.	P rel.	Q obs.	h	P rel.	Q obs.	h	P rel.
	Cal.		%	Cal.		%	Cal.		%
1.....	1.38	34°	59	1.48	33°	69	1.52	50°	64
2.....	1.43	36	63	1 54	37	78	1.43	51	54
3.....	1.39	36	60	1.45	40	62	»	»	»
4.....	1.30	37	50	1.53	42	71	1.53	52	66
5.....	1.38	33	63	1.53	42	71	1.57	52	73
6.....	1.46	36	67	1.54	43	71	»	»	»
7.....	1.46	36	67	»	»	»	1.50	50	63
8.....	1.49	37	69	1.54	43	71	1 54	53	67
9.....	1.39	35	57	»	»	»	1.48	53	58
10.....	1.45	39	62	»	»	»	1.54	53	67
11.....	1.36	33	60	1.50	44	65	1.54	50	69
12.....	1.47	36	68	1.47	42	63	1.43	51	54
13.....	»	»	»	1.42	41	59	1.55	55	67
14.....	»	»	»	»	»	»	1.53	55	65
15.....	1.19	38	43	1.49	45	62	»	»	»
16.....	»	»	»	1.56	46	73	1.48	56	57
17.....	1.57	38	81	»	»	»	»	»	»
18.....	1.48	38	67	1.54	46	69	»	»	»
19.....	1.46	38	65	1.55	47	71	»	»	»
20.....	1.44	38	63	1.56	45	73	»	»	»
21.....	1.48	38	68	1.56	47	73	1.50	58	60
22.....	1.51	38	70	1.59	48	78	1.46	53	57
23.....	1.50	39	69	1.59	48	78	»	»	»
24.....	1.50	35	73	»	»	»	1.45	60	53
25.....	1·29	39	49	»	»	»	1.58	57	74
26.....	1.48	37	69	»	»	»	1.57	61	69
27.....	1.45	40	61	»	»	»	1.54	53	68
28.....	1.52	40	71	»	»	»	»	»	»
29.....	1.55	40	75	»	»	»	1.42	60	50
30.....	1.57	40	79	»	»	»	1.48	62	56
31.....	1.56	38	80	»	»	»	1.55	62	66

N. B. — Pendant les jours marqués par », les mesures actinométriques n'ont pu être effectuées (à cause du vent de sable surtout).

Tableau IV (suite et fin)

ANNÉE 1926	AVRIL						MAI		
	Q obs.	h	P rel.	Q obs.	h.	P rel.	Q obs.	h.	P rel.
	Cal.		%	Cal.		%	Cal.		%
	OUARGLA			TOUGGOURT			ARIANA		
1.....	1.55	62°	66	17 avril 1926			1.26	57°	41
2.....	1.52	63	61	1.48	68°	60	»	»	»
3.....	1.47	63	55				»	»	»
4.....	1.47	64	54	LE MESLOUG			1.36	61	47
5.....	1.45	64	52	(Alt. 1 km)			»	»	»
6.....	1.46	64	53	20 avril 1926			1.36	64	46
7.....	»	»	»	1.50	65°	51	1.37	67	47
8.....	1.44	65	52				1.31	67	42
9.....	1.34	65	43	CORNEILLE			»	»	»
10.....	»	»	»	(Alt. 1 km)			»	»	»
11.....	1.29	67	40	25 avril 1926			1.33	69	45
12.....	»	»	»	1.50	67°	54	1.38	69	50
13.....	1.36	66	44				1.32	67	46
14.....	1.43	63	52	COL TELMET			1.36	71	44
15.....	1.46	61	56	(Alt. 1.860m)			»	»	»
				26 avril 1926					
16.....	1.51	67	61	1.60	67°	67	1.46	71	54

Nota. — Mesures supplémentaires effectuées en décembre 1925, à l'oasis de Ghardaïa (Q = 36° 2 N) : 27 décembre Q = 1.44, h = 35°, P^{rel} = 66 % et 28 déc. Q = 1.39, h = 30°, P^{rel} = 67 % et aussi à l'oasis d'Ouargla 30 déc. Q = 1,36, h = 34°, P^{rel} = 58 %, et 31 déc. Q = 1,46°, h = 36 %, P^{rel} 67 %.

D'autre part, les tableaux V et VI nous montrent que le degré de transparence présente une marche diurne et annuelle en fonction de l'épaisseur atmosphérique *m;* ces variations de P^{rel} dépendent aussi de la tension de la vapeur d'eau. Une courte série organisée à l'oasis de Touggourt avec le concours de feu K. Karnkowski et aussi de M. Ike-Duninowski, nous montre (*voir tab. V*) que les valeurs de P^{rel} augmentent, au cours de la journée, avec l'épaisseur atmosphérique *m*. De la série d'Ariana (tab. VI), embrassant plus de trois années, on déduit que la variation de P^{rel} entre $m = 1.5$ et $m = 2$ est de 3 % en moyenne générale. Prenant en considération ces variations de P^{rel} avec *m* on peut admettre en première approximation la valeur moyenne de $P^{rel} = 69$ % pour l'hiver et pour $m = 2.0$ à l'oasis d'Ouargla. Vu la courte durée des mesures pyrhéliométriques d'Ouargla et le caractère approximatif des moyennes indiquées pour cette oasis, nous avons négligé d'apporter de petites corrections, dues

à l'altitude de cette station, dans le calcul des épaisseurs atmosphériques et de degrés de transparence valables pour Ouargla. L'altitude de cette oasis étant faible (156 mètres au-dessus du niveau de la mer), les différences ainsi obtenues dans les valeurs de m et de $P_{rel.}$ ne présentent que peu d'importance.

Par contre, il est intéressant de consulter la marche des éléments météorologiques et de la tension de la vapeur d'eau et de la température de l'air dans cette oasis saharienne. Un résumé des observations en question est présenté dans le tableau VII pour toute l'année 1925 et les premiers quatre mois de 1926. Bien que les déterminations, à l'aide de notre spectrographe pour l'infra-rouge, du contenu d'eau dans les couches atmosphériques au-dessus d'Ouargla montrent le caractère plutôt local des observations de la tension de vapeur effectuées au niveau de l'oasis, il est toujours intéressant de consulter les données du tableau VII.

TABLEAU V

Variations diurnes du degré de transparence Prel. d'après les mesures pyrhéliométriques effectuées à l'oasis de Touggourt
(lat. = 33° 2 *N*, long. = 3° 9 *E Gr.*, *H.* = 69 *m.*)

Hauteur du soleil	56°3	41°8	30°0	23°5	19°3	16°4	14°3	12°6	11°3
m (atm.) =	1.36	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Année 1924	%	%	%	%	%	%	%	%	%
22 mars	»	»	»	»	»	»	62	64	67
23 —	50	49	53	»	»	»	»	»	»
24 —	»	52	»	»	»	»	»	»	»
25 —	48	51	54	55	58	»	»	»	62
26 —	49	»	»	»	54	55	59	»	»
27 —	51	54	»	»	»	»	»	»	»
28 —	»	47	52	»	»	»	»	»	»
30 —	48	52	56	58	58	60	61	62	64
31 —	51	44	»	»	»	»	»	»	»
1 avril	47	53	55	54	52	»	60	62	63
2 —	54	53	55	57	57	»	»	»	»
3 —	45	45	55	55	56	58	62	»	»
4 —	46	46	48	54	54	57	»	60	»
5 —	47	49	53	55	55	»	58	»	»
8 —	46	44	51	55	55	»	60	»	»
9 —	46	48	56	»	61	»	63	65	»
10 —	45	50	55	»	»	58	»	»	»
11 —	49	49	57	56	60	62	63	»	66
12 —	46	49	52	54	54	54	62	»	»
13 —	46	48	50	»	52	»	»	»	»
14 —	»	48	»	54	55	57	58	59	59
Moyennes	47	48	53	54	55	58	60	62	63
Q cal.	1.36	1.28	1.18	1.09	1.01	0.95	0.91	0.86	0.80

TABLEAU VI

Marche diurne et annuelle du degré de transparence Prel. *d'après les mesures pyrhéliométriques effectuées à l'Ariana, près Tunis*

HAUTEUR DU SOLEIL m (atm.) =	90° 1°	41°8 1.5	30°0 2	19°3 3	14°3 4	11°3 5	9°3 6
Janvier	»	63	61	59	61	63	64
Février	»	62	62	60	60	63	65
Mars	»	54	55	52	53	56	56
Avril	»	53	54	53	54	57	59
Mai	45	46	50	52	54	57	58
Juin	44	44	48	51	53	55	57
Juillet	44	45	49	51	53	56	57
Août	39	39	43	47	49	52	54
Septembre	»	36	39	43	46	49	51
Octobre	»	46	50	53	56	59	61
Novembre	»	60	62	63	66	69	71
Décembre	»	61	66	65	67	69	71
Année	»	49	52	53	55	58	59
(Q cal.)	»	1.29	1.16	0.96	0.82	0.71	0.61

TABLEAU VII

Observations météorologiques à l'Oasis d'Ouargla
(lat. = 32° *O. N.*, long. = 3° 2 *E. GR.*, alt. = 157 *m*).

1925	TEMPÉRATURES moyennes		TEMPÉRATURES extrêmes		Tension de vapeur			Hum.	Néb. moy.
	Max.	Min.	Max.	Min.	7 h.	13 h.	18 h.	13 h.	0 — 10
	° C	° C	° C	° C	mm	mm	mm	%	%
Janvier	16.1	1.9	27.3	−1.2	4.3	5.6	5.4	44	2.2
Février	19.3	6.7	29.4	1.1	5.7	7.1	6.5	47	2.3
Mars	20.1	8.6	27.8	3.8	6.7	7.8	7.6	46	3.5
Avril	28.3	13.9	40.0	8.4	9 1	10.0	9.5	40	1.9
Mai	34.1	16.9	39.6	10 3	9.6	10.7	10.3	31	2.2
Juin	39.0	22.6	46.7	14.8	10.7	12.8	12.3	25	1.8
Juillet	41.2	25.3	48.2	21.4	11.7	14.0	12.9	25	1.2
Août	40.8	24.0	45.5	20.5	10.9	11.9	11.4	22	0.5
Septembre	35.7	20.9	42.8	15.2	10.2	11.2	10.8	30	1.5
Octobre	28.0	13.5	35.1	8.8	8.0	8.2	8.0	31	2.0
Novembre	22.9	10.8	30.8	5.1	6.9	7.3	7.1	37	3.2
Décembre	20.3	6.5	28.2	1.1	5.1	6.2	5.8	37	1.7
Année	28.6	14 3	48.2	−1.2	8.2	9·4	9.0	—	2.1
ANNÉE 1926									
Janvier	21.5	6.1	27·4	1.8	5.1	6.2	5 9	39	1.0
Février	22.4	7.7	26.9	0 4	5 8	7.7	7.3	41	2.0
Mars	24.1	10.1	34.8	1.5	6.9	8.0	7 4	46	1.5
Avril (1 16	29.1	15.7	38.5	10.4	9.2	9.8	8.6	38	2.7

N. B. — En 1925, on comptait 51 jours avec du vent de sable; le nombre de jours de pluie

ou plutôt avec des goutes d'eau était 11. Les observations météorologiques étaient effectuées par le personnel du poste de T. S. F.; les données de l'humidité et de la tension de vapeur présentent quelques irrégularités et semblent être un peu trop élevées, surtout à cause de la difficulté d'opérer avec le thermomètre « mouillé » dans les régions désertiques.

IV. Valeurs moyennes du degré de transparence atmosphérique pour différentes régions terrestres

Dans le tableau VIII sont calculés quelques degrés de transparence atmosphérique pour différentes régions terrestres. Pour pouvoir mieux comparer, les degrés en question ont été calculés pour la même hauteur du soleil h = 30°, ce qui correspond à une épaisseur atmosphérique $m = 2$ pour les stations situées auprès du niveau de la mer. Pour les montagnes on obtiendra des valeurs moindres de m d'après la relation :

Altitude en km.....	0	1	2	3	4	5	km.
Epaisseur (pour h) = 30°.	2.00	1.77	1.57	1.38	1.22	1.07	atm.

Les degrés de transparence ont été calculés pour l'année et pour les deux saisons : l'hiver et l'été, saisons qui comprennent chacune trois mois : décembre à février et juin à août. Pour les stations de l'hémisphère Sud, les saisons sont inverses, mais pour les stations à climat équatorial (Batavia, Apia), la division en hiver et en été perd sa signification.

Le tableau VIII nous montre (v. p. 16) que les degrés P^{rel} varient dans des limites assez larges. Pour les montagnes, les degrés en question augmentent assez rapidement avec l'altitude.

Pour les océans, nous citons quelques valeurs supplémentaires d'après notre récente communication présentée à l'Académie Polonaise des Sciences (voir N° 9 de la bibliographie à la fin du présent mémoire).

Pour la hauteur du soleil h = 30°, laquelle correspond pour les océans à l'épaisseur atmosphérique m = 2 atm., on trouve pour les trois tensions de la vapeur d'eau :

	f en $^{m}/_{m}$	Q cal.	$P^{rel.}$ %
	—	—	—
Latitudes septentrionales.....	5	1.26	59
Océan Atlantique.....	16	1.10	48
Océan Indien.....	23	1.01	43

Il y a un intérêt particulier à calculer, même d'une manière approchée, les pertes du rayonnement dues à l'effet de la brume ou du trouble atmosphérique.

Les valeurs de l'intensité Q du rayonnement solaire observées pour les différentes épaisseurs atmosphériques peuvent être calculées, après la réduction à la distance moyenne de la terre au soleil, comme pourcentage de la constante solaire. Connaissant l'absorption et la diffusion produites par l'air sec et pur et aussi par la vapeur d'eau

Tableau VIII

Valeurs moyennes du degré de la transparence atmosphérique Prel pour le rayonnement solaire

Stations	Coordonnées géographiques Latitude	Longit.	Altitude	Intens. Q moy. ann. h=90° cal.	h=30° cal.	Degrés de transparence Hr du sol.=90° Hiver %	Eté %	Année %	h = 30° Année %
Montagnes élevées (altitudes au-dessus de 1,5 km.)									
La Quiaca.....	22.1S	65.8W	3.5	1.66	1.49	82	52	64	61
Montezuma.....	22.6S	68.9W	2.7	1.64	1.48	74	60	68	61
Calama	22.5S	68.9W	2.3	1.59	1.43	69	58	63	55
Arequipa	16.4S	63.1W	2.5	1.54	1.32	56	48	52	48
Santa Fé.....	35.7N	106.0W	2.1	1.56	1.37	66	49	58	52
Canadas	28.2N	16.6W	2.1	1.63	1.44	67	62	66	63
Arosa	46.3N	9.7W	1.9	1.58	1.43	73	60	65	56
Davos	46.8N	9.8E	1.6	1.55	1.35	65	52	58	52
Mount Wilson...	34.2N	118.1W	1.7	(1.57)	(1.40)	»	59	(63)	(55)
Hump Mountains	36.1N	82.0W	1.5	»	1.37	68	51	61	»
Montagnes moyennes (altitudes 1,5-0,5 km.)									
Feldberg	47.9N	8.0E	1.3	1.42	1.21	50	46	48	40
Algau	47.4N	10.2E	1.2	1.48	1.26	58	48	52	46
St-Blasien	47.8N	8.1E	0.8	1.42	1.19	57	45	50	42
Agra	45.8N	9.0E	0.6	1.44	1.23	68	43	53	45
Mount-Weather...	39.1N	77.9W	0.5	1.40	1.16	56	43	49	42
Régions désertiques et limitrophes									
Lincoln	40.8N	96.7W	0.4	1.44	1.23	63	46	55	45
Madison U.S.A..	43.1N	89.4W	0.3	1.42	1.21	63	47	54	44
Helwan (Egypte).	29.9N	31.3E	0.1	1.42	1.20	59	53	55	45
Ariana (Tunisie).	36.8N	8.0E	0.0	1.46	1.16	63	47	52	49
Oasis d'Ouargla (Sahara)..	32.0N	3.2E	0.2	»	(1.21)	69	»	(55)	»
Hautes Latitudes									
Treurenberg	79.9N	16.9E	0.0	»	(1.21)	67	67	65	»
Upsala	59.9N	17.5E	0.0	»	1.26	59	56	59	»
Pawlowsk	59.7N	30.5E	0.0	»	(1.24)	»	56	57	»
Zones tempérées									
Nij. Olczed.....	48.6N	27.7E	0.2	1.34	1.13	52	44	49	39
Varsovie	52.3N	21.0E	0.1	1.31	1.04	52	40	45	38
Potsdam	52.4N	13.1E	0.1	1.36	1.13	54	44	49	40
Washington	38.9N	77.1W	0.1	1.35	1.07	53	41	46	40
Karlsruhe.....	49.0N	8.4E	0.1	1.26	0.98	42	40	42	35
Naples	40.9N	14.3E	0.1	1.39	1.15	53	46	51	43
Plaines et îles intertropicales									
Bangkok (Siam)..	13.7N	100.5E	0.0	1.19	0.94	»	(41)	»	(32)
Batavia (Java)....	6.2S	106.8E	0.0	1.32	1.00	47	41	43	38
Apia (Samoa, Pacifique)...	13.8S	171.8W	0.0	1.23	1.02	46	43	44	33

dans les couches atmosphériques, on arrive à une évaluation approchée des pertes du rayonnement solaire dues à l'influence de ce que l'on englobe sous le nom général de trouble, brume ou poussière atmosphérique.

Le caractère approximatif de l'évaluation des pertes occasionnées par le *trouble* en question provient surtout de l'insuffisance de la détermination de l'absorption de la vapeur d'eau, basée non sur les mesures spectropyrhéliométriques, mais d'après les simples observations psychrométriques effectuées près du sol.

Malgré cette difficulté réelle, nous donnons quelques valeurs arrondies (obtenues comme moyennes des différentes séries journalières) pour les pertes dues à l'influence du *trouble* atmosphérique.

Ces pertes sont évaluées comme pourcentage de la constante solaire :

Océan Indien (au Nord de l'Equateur)	1 %
Atlantique (entre les latitudes de 45° N. à 25° N.)	2 %
Méditerranée et Mer Rouge	3 %

Rappelons qu'on obtient 2 % environ pour les montagnes (d'après H. H. Kimball pour l'Amérique et E. Stenz pour l'Europe).

Les pertes occasionnées par le *trouble* atmosphérique sont beaucoup plus élevées pour les plaines continentales et même pour les îles océaniques :

Apia, îles de Samoa (Pacifique)	5 %
Bangkok (Asie Méridionale)	7 %
Washington (Etats-Unis d'Amérique)	10 %
Varsovie (Pologne)	11 %

Il est intéressant de consulter le petit tableau suivant, qui donne approximativement les conditions qui prédominent dans les parties équatoriales et tempérées des surfaces océaniques :

	% de la constante solaire
Intensité observée Q du rayonnement solaire (Q = 1,31 cal. pour le soleil au zénith)	67 ½ %
Pertes dues à l'influence de l'air sec et pur (l'épaisseur atmosphérique : 1,0 atm.)	9 ½ %
Perte due à la vapeur d'eau (tension 19 $^{m/m}$ au niveau de la mer)	21 %
Perte moyenne occasionnée par le trouble dans les couches atmosphériques au-dessus des océans	2 %
Total	100 %

Nous n'insistons pas, dans ces remarques générales, sur l'influence de la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, qui se manifeste dans l'évaluation des pertes dues à l'influence du *trouble* atmosphérique.

CONCLUSIONS

On voit, d'après les données contenues dans ce mémoire, que les couches d'air au-dessus des régions désertiques, et spécialement dans les oasis sahariennes, occasionnent des pertes d'énergie solaire moins grandes que celles que l'on observe au-dessus des plaines de régions tempérées ou équatoriales.

Les valeurs élevées qu'on observe dans les plaines désertiques se manifestent déjà par une simple comparaison avec les intensités du rayonnement solaire obtenues dans les montagnes, lesquelles intensités, malgré des altitudes parfois considérables, ne diffèrent pas beaucoup de celles mesurées dans les oasis.

Citons par exemple :

Volcan de Popocatepetl, altitude 5.3 km (Mexique)

Q = 1,71 Cal., h = 65°, $P^{rel.}$ = 64 %, T = 0°6, f = 1.3 mm.
φ = 19°0 Nord, λ = 99° W. Gr. 17 Mars 1929.

Montagne de Tlamacas, 3.9 km (Mexique)

Q = 1.69 cal. h. = 61°, P^{rel} = 69 %, T = 13°, f = 1.5 mm.
φ = 19°1 Nord, λ = 99° W. Gr. 18 Mars 1928.

Observatoire de Tacubaya, 2.3 km (Mexique)

Q = 1.66 cal., h = 51 %, P^{rel} = 73 %, T = 15° f = 2.7 mm.
φ = 19° Nord, λ = 90° W. G. 7 Février 1912.

Swinica (2.3 km)Montagnes des Karpates (Pologne)

Q = 1.64 cal. h = 51 %, P^{rel} = 86 %.
φ = 49°1 Nord, λ = 24°5 E. Gr. 1er septembre 1926.

Arosa, Alpes Suisses (1.9 km)

Q = 1.63 cal. h = 42° $P^{rel.}$ = 88 % f = 1.4 mm.
φ = 46°8 Nord, λ = 9°7 E. Gr. 18 Mars 1928.

Oasis d'Ouargla (0.16 km) Sahara

Q = 1.59 cal. h = 48 % $P^{rel.}$ = 78 %, T = 24° f = 9.0 mm.
φ = 31°0 Nord, λ = 3°2 E. Gr. 22 Février 1926.

Mais une telle comparaison purement numérique des valeurs de Q, obtenues dans les conditions les plus diverses, n'est pas satisfaisante. On facilite beaucoup l'examen des résultats en introduisant les degrés de transparence atmosphérique suivant les formules (3) et (3 *bis*) expliquées plus haut.

L'utilité de ce coefficient empirique, déjà connu sous d'autres formes, se manifeste de suite dans notre exemple. Tandis que l'intensité Q = 1.71 cal., observée par M. Z. Lemanski, le 17 mars 1929,

pendant une excursion au cratère du volcan de Popocatepetl, donne un degré de transparence de 64 % seulement (probablement à cause du vent violent soulevant autour de ce sommet beaucoup de poussière d'origine volcanique), la valeur Q = 1.59 cal. résultant de nombreuses mesures que nous avons faites en janvier 1926 à l'oasis saharienne d'Ouargla présente un degré de transparence bien plus haut ($P^{rel.}$ = 78 %).

Le coefficient utilisé ici sous le nom de « degré de transparence » présente certaines variations avec l'épaisseur atmosphérique et aussi avec la tension de la vapeur d'eau et accuse par conséquent une marche diurne et annuelle. Cette question demande un examen particulier qui n'a pas pu être fait ici.

De même se pose la question concernant le choix de l'échelle pour exprimer les variations du degré de transparence *P*. Suivant la formule (3) on obtient les valeurs de *P* à l'échelle soi-disant absolue, tandis que la formule (3*bis*) nous donne une échelle relative (P^{rel}) prise, non pas par rapport à une atmosphère parfaitement sèche et pure, mais contenant déjà une certaine quantité de vapeur d'eau répartie dans les couches atmosphériques. D'après le tableau 1 *ois*, on trouve que les valeurs annuelles de P^{abs} varient généralement entre les limites de 30 à 55 % pour les régions les plus diverses de la terre, tandis que les degrés relatifs ($P^{rel.}$) oscillent dans les mêmes conditions, dans des limites plus étendues.

On a même observé déjà, isolément, des degrés relatifs entre 85 et 100 %; notamment à :

Tlamacas (altitude 3.9 km) au Mexique :

18 mars 1928, à 9 h. 30^{m} a, Q = 1.68 cal. h = 32° 6 $P^{rel.}$ = 95 %

Ajusco (2.95 km), au Mexique :

24 janvier 1928, à 9 h. 50 m. a, Q = 1.63 Cal., h = 28°, P^{rel} = 88 %

Swinica, en Pologne (2.3 km) :

1er septembre, vers midi, Q = 1.64 cal., h = 51° $P^{rel.}$ = 86 %

Pour la station suisse d'Arosa (1.9 km), M. Götz cite la valeur de Q = 1.63 cal. obtenue le 18 mars 1928, à 11 h. 44^{m} à (h = 42° 1), ce qui correspond à P^{rel} = 88 %.

Ne pouvant pas entrer ici en l'examen plus approfondi des diverses questions concernant les méthodes d'évaluation des degrés de transparence atmosphérique, nous nous bornons pour le moment à présenter ici un exemple d'application de ce coefficient pour quelques régions de la terre. Appliqué aux territoires désertiques, le calcul de leur degré de transparence nous montre leur état privilégié au point de vue des pertes de l'énergie solaire pendant son passage à travers les couches atmosphériques situées au-dessus de ces régions.

INDEX BIBLIOGRAPHIQE

La documentation plus détaillée concernant la question de la transparence atmosphérique et les mesures actinométriques au Sahara et en Afrique du Nord se trouve dans les publications suivantes de l'auteur :

1) Mesures de l'intensité totale et partielle du rayonnement solaire, effectuées en 1924 en Afrique Française du Nord et spécialement à l'oasis saharienne de Touggourt. Extrait des « Annales du Service Botanique de Tunisie », pp. 1-59, Tunis 1925.

2) Kilka wynikow z wypraw (aktynometrycznych polskich do strefy rownikowej i do oaz Sahary) « Annuaire de l'Observatoire Astronomique », Cracovie 1925).

3) Ligth filter measurements made by the Polish Solar Radiation Expeditions to Siam in 1923, and at Touggourt in the Sahara desert 1924 (Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. Vol. 51, N° 218, April 1926, London).

4) Sur les instruments solarimétriques et spectropyrhéliométriques, pour les mesures totales, normales et partielles du rayonnement solaire, pp. 7-38. Quelques résultats d'étalonnage des tubes pyrhéliométriques, des pyrhéliographes et des solarimètres, pp. 39-70. Quelques détails caractéristiques du climat solaire réel du littoral tunisien, pp. 192-222. Extrait des « Annales du Service Botanique Tunisien », t. V. Tunis 1928.

5) Algunas caracteristicas de la intensidad de la radiacion solar en el Valle de Mexico, pp. 1-24; Tacubaya 1928.

6) Quelques résultats de mesures de l'intensité du rayonnement solaire obtenues au Sahara en 1924-1926 avec les pyrhéliographes et les solarimètres, pp. 1-13. Extrait de « La Météorologie », Janvier à Mars 1929, Paris.

7) Sur les valeurs élevées et les pertes d'énergie du rayonnement solaire, observées dans les régions désertiques et les montagnes tropicales (Extrait du Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles. Série A : Sciences Mathématiques). Cracovie, 1929.

8) Solar radiation measurements taken on board different ships over the Atlantic and Indian Oceans (*Ibidem*, pp. 29, Cracovie, 1930).

9) Degrees of atmospheric transparency for solar radiation over different oceanic surfaces and other regions (*Ibidem*, pp. 24, Cracovie, 1930).

10) Highest intensity values of solar radiation observed over ocea-

nic surfaces and in other regions of the earth (*Ibidem*, pp. 18, Cracovie 1930).

11) Sur l'évaluation du degré de transparence atmosphérique en actinométrie.

12) Pertes du rayonnement solaire dues à l'influence du trouble atmosphérique.

13) Sur un tube pyrhéliométrique employé comme solarimètre. (Communications présentées au Congrès des Sociétés Savantes, Clermont-Ferrand 1931).

LADISLAS GORCZYNSKI

Docteur ès Sciences

Valeurs maxima de l'Intensité du Rayonnement solaire

observées dans les différentes régions du Globe terrestre

INTRODUCTION ET SOMMAIRE

La connaissance des intensités maxima du rayonnement solaire présente un intérêt particulier dans l'actinométrie. Presque tous les facteurs, en effet, tendent à diminuer, par diffusion et par absorption, l'intensité des rayons solaires pendant leur passage à travers les couches atmosphériques. Ce sont donc les valeurs les plus élevées qui caractérisent en premier lieu la marche et les conditions générales du rayonnement solaire dans les différentes régions du globe terrestre.

Nous présentons dans la suite quelques séries des valeurs maxima (Max. Q) de l'intensité du rayonnement, obtenues soit dans les océans (Océan Atlantique et Océan Indien), soit dans les stations continentales ou montagneuses, soit finalement dans l'atmosphère libre.

Tous nos résultats sont groupés dans les cinq chapitres suivants :

I. — Séries maritimes (obtenues à bord des navires).
II. — Stations continentales (altitudes peu élevées).
III. — Oasis sahariennes et régions limitrophes.
IV. — Régions montagneuses (entre 1.5 et 5 km).
V. — Haute atmosphère (observations au moyen d'avions et de ballons montés ou libres).

Comme résultat général de nos comparaisons dans les différentes régions, citons le petit résumé suivant, qui contient les Max. Q en question, dûment réduits à la même distance zénithale Z et à la distance moyenne de la terre au soleil.

Les valeurs de l'intensité du rayonnement solaire (Max. Q) sont données en calories-grammes par minute et cm^2 de la surface exposée normalement aux rayons; elles furent uniformément réduites à la distance zénithale $Z = 48°$ (c'est-à-dire à la hauteur de 42° au-dessus de l'horizon) et ramenées à la distance moyenne de la terre au soleil.

a) *Océans :*

Régions maritimes entre les tropiques.....	1.24 cal.
Zones tempérées (Nord Atlantique).....	1.35 »

b) *Continents :*

Altitudes peu élevées.....	1.42 cal.
Oasis sahariennes.....	1.52 »

c) *Montagnes :*

Altitude 1,5 km.....	1.56 cal.
» 2 »	1.61 »
» 3 »	1.64 »
» 5 »	1.66 »

d) *Haute atmosphère :*

Altitude 5,5 km.....	1.73 cal.
» 7,5 »	1.74 »

On voit par là qu'on n'observe pas de valeurs élevées de l'intensité du rayonnement solaire dans les océans au voisinage de l'équateur. Cela est dû surtout à l'influence de la vapeur d'eau, toujours si abondante dans ces parages maritimes.

Passons maintenant à un examen un peu plus détaillé des Max. Q observés dans les différentes régions du globe terrestre.

I. Séries maritimes

On a groupé dans le Tableau I les plus grandes valeurs de l'intensité (Max. Q en calories) du rayonnement solaire, observées par l'auteur ou par ses collaborateurs à bord des différents bateaux durant la période de 1923 à 1928. Ces maxima furent directement observés et ils ne sont pas réduits à la distance moyenne de la terre au soleil.

De toutes ces données, il semble apparaître que les plus hautes valeurs diurnes de l'intensité du rayonnement solaire ne dépassent qu'exceptionnellement l'intensité Q = 1,40 cal. pour une incidence normale, dans les mers chaudes entre les zones tempérées du Nord de l'Atlantique, avec la température de l'air plus basse et une teneur notablement plus faible en vapeur d'eau dans les couches atmosphériques.

De ce fait, la supériorité des zones tempérées à l'égard de Max. Q est par conséquent plus apparente que réelle. Les valeurs de Max. Q résultant du Tableau I, suivant les séries d'observations pyrhéliométriques polonaises effectuées en mer, s'accordent bien avec les intensités similaires obtenues en Atlantique dans deux séries d'observations allemandes (Voir *Meteor. Zeitschrift*, pp. 97-101, 1906, et aussi pp. 103-111, 1925).

Tableau I

Valeurs maxima (Max. Q) du rayonnement solaire observées directement (sans réduction à la distance moyenne de la terre) à bord de différents navires, pendant la période de 1923 à 1928

Dates	Coordonnées		Temp. d'air	Vap. d'eau	Max. Q		Noms des navires
	Lat.	Long.	Cent.	mm	Cal.	atm.	
Océan Atlantique (avec le Golfe du Mexique)							
16 X. 1928.....	42 N	44 W	18°0	9 0	1.39	1.6	M/S « Spaarndam »
8 III. 1923.....	39 N	10 W	15 7	11 3	1.37	1.4	M/S « Jutlandia »
25 IV. 1928.....	38 N	24 W	13 5	9 5	1.37	1.2	S/S « Lafayette »
26 XII. 1927.....	34 N	61 W	16 0	10 0	1.33	1.9	M/S « Maasdam »
3 X. 1928.....	27 N	87 W	29 3	21 1	1.33	1.2	M/S « Spaarndam »
2 IX. 1927.....	26 N	79 W	27 0	20 0	1.34	1.0	S/S « Cuba »
10 X. 1925.....	24 N	18 W	.	16 5	1.36	1.2	S/S « Flandria» »
19 XII. 1927.....	23 N	87 W	27 8	20 9	1.32	1.4	M/S « Maasdam »
6 X. 1927.....	21 N	93 W	29 0	22 3	1.33	1.2	S/S « Espagne »
2 X. 1925.....	13 S	38 W	.	17 8	1.36	1.0	S/S « Flandria »
Méditerranée et Mer Rouge							
13 III. 1923.....	36 N	16 E	13°2	7 5	1.33	1.3	M/S « Jutlandia »
7 VIII. »	35 N	24 E	28 7	12 7	1.35	1.05	M/S « Falstria »
17 VII. »	34 N	25 E	26 4	17 0	1.38	1.05	M/S « Tranquebar »
8 VIII. »	28 N	34 E	28 7	18 8	1.28	1.0	M/S « Falstria »
12 VII. »	25 N	36 E	29 2	27 1	1.30	1.0	M/S « Tranquebar »
23 III. »	12 N	44 E	27 3	19 5	1.34	10	M/S « Jutlandia »
Océan Indien et Golfe de Siam, Pacifique							
25 III. 1923.....	12 N	52 E	27°9	24 5	1.38	1.0	M/S « Jutlandia »
16 VII. »	6 N	78 E	27 1	22 7	1.25	1.0	M/S « Falstria »
29 VI. »	6 N	87 E	30 6	26 8	1.36	1.0	M/S « Jutlandia »
29 VI. »	Penang, port		29 4	21 2	1.29	1.1	M/S « Falstria »
17 IV. »	Menang, fleuve		31 1	22 9	1.32	1.0	M/S « Jutlandia »

Voici les plus hautes intensités (Max. Q) trouvées par les observateurs allemands :

Dates	Lat.	Long.	Max. Q	Epaisseur atmosphérique
30 mai 1925....	27 N	44 W	1.32 cal.	1 atmosphère
23 juillet 1925....	10 1/2 N	67 W	1,305 »	1,0 »
29 août 1924....	Tropiques (Hémisphère Sud)		1.30 »	1,5 »

Nous ne sommes pas à même de citer les valeurs de Max. Q correspondantes au voyage du Prof. Linke en Argentine (Met. Zt. pp. 42-46, 1924). Ces intensités moyennes ont été calculées pour zones entières et réduites au soleil vertical. De telles réductions peuvent, dans bien des occasions, spécialement quand il s'agit de l'extrapolation, donner de trop hautes valeurs d'intensité du rayonnement solaire estimées pour zénith.

En rapport avec cette question sont instructives les remarques correspondantes faites par le Dr E. Stenz dans son mémoire publié dans « Gerlands Beiträge zur Geophysik » (tome XVI, fascicule n° 4, p. 440, 1927).

II. Stations continentales peu élevées au-dessus du niveau de la mer

Le Tableau II montre une certaine uniformité de la distribution des Max. Q entre les latitudes de 60° Nord (Helsingfors) et 40° Nord (Paris). La plus grande valeur (1,45 cal.) a été observée à Potsdam le 19 mars 1924; elle est due à la situation favorable de son Observatoire à une certaine distance de Berlin.

Le maximum Q = 1,43 cal. de l'intensité du rayonnement solaire à l'incidence normale a été obtenu dans plusieurs endroits et spécialement à Varsovie, le 10 mars 1928 (11 heures 45 minutes, temps local vrai). La température de l'air ce jour-là était très basse et inaccoutumée pour la saison. Durant les deux jours précédents, la neige est tombée; il résulta de cette couche de neige une purification extraordinaire pour les couches atmosphériques au-dessus de la vaste cité industrielle de Varsovie.

Le même Max. Q = 1,43 cal. a été trouvé le 19 avril 1928 à Varsovie dans des conditions atmosphériques à peu près similaires.

Il est intéressant de noter que, dans les plaines humides d'Europe, les plus hautes valeurs d'intensité du rayonnement solaire ont été observées presque régulièrement au commencement du printemps. Seulement dans les stations plus septentrionales et spécialement dans les régions polaires, les maximum d'été sont prédominants. Ceci résulte bien de l'énumération suivante :

	Max. Q	Mois
Treurenberg (lat. 80° N).....	1.29 cal.	Juillet
Helsingfors (lat. 60° N).....	1.37 »	Avril et Juillet
Varsovie (lat. 52° N).....	1.43 »	Mars
Paris (lat. 49° N).....	1.43 »	Avril

TABLEAU II

Maxima mensuels (Max. Q) directement observés et non réduits à la distance moyenne de la Terre

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
Helsingfors, lat. 60°2 N, long. 25°0 E, Gr., alt. 20 m. Période 1922-1926 (Lunelund) Max. Q = 1.37 cal. (11 IV 1926) distance zénithale 53°												
0.97	1.07	1.33	1.37	1.34	1.32	1.37	1.35	1.35	1.23	1.09	0.79	1.37
Pawlowsk vel Sloutzk, lat. 59°9 N, long. 39°3 E Gr., alt. 16 m. Période : 1914-1926 (Kalitine) Max. Q = 1.43 cal. (8 IV 1926)												
1.09	1.26	1.41	1.43	1.40	1.41	1.38	1.35	1.34	1.28	1.12	0.96	1.43
Varsovie, lat. 52°2 N, long. 21°0 E Gr., alt. 86m. (avant 1923 alt. 138 et 133 m.) Périodes 1919-1928 (Zborowski), 1913-1918 (Stenz), 1901-1913 (Gorczynski). Max. Q = 1.43 cal. (10 III 1928)												
1.21	1.42	1.43	1.43	1.42	1.38	1.38	1.40	1.39	1.40	1.34	1.26	1.43
Potsdam, lat. 52°4 N, long. 13°1 E Gr., alt. 106 m. Période : 1907-1924 (Marten) Max. Q = 1.45 cal. (19 III 1924)												
1.30	1.33	1.45	1.44	1.44	1.44	1.37	1.37	1.40	1.39	1.32	1.16	1.45
Paris (Saint-Maur), lat. 48°8 N, long. 2°5 E Gr., alt. 50 m. Période : 1924-1929 (Brazier) Max. Q = 1.43 cal. (19 III 1924)												
1.21	1.32	1.38	1.43	1.42	1.41	1.37	1.37	1.38	1.30	1.23	1.18	1.43

Bien que le Max. Q = 1.45 cal. ne soit généralement pas atteint dans les climats humides de l'Europe Occidentale, Centrale et Septentrionale (sauf les montagnes), la situation peut présenter des changements caractéristiques dans les régions orientales et méridionales de notre continent. Des conditions météorologiques exceptionnelles sont la cause des hautes valeurs qu'on a pu observer de temps à autre. Dans l'Est Européen, ce sont quelques anticyclones amenant l'air froid et sec de la Sibérie; dans le Sud de l'Europe, on observe parfois

des intensités très élevées pendant des vents violents liés aux profondes dépressions barométriques dans la Méditerranée. De même, certaines hautes valeurs de Max. Q données par H. H. KIMBALL pour les Etats-Unis d'Amérique peuvent être expliquées de la même manière.

Les exemples suivants concernant les Max. Q pour les quatre saisons sont caractéristiques dans notre cas :

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Max. Q Mois
Moscou (lat. 56° N) 1914-1924	1.38	1.53	1.41	1.39	Mai
Montpellier (lat. 44° N) 1924-1927	1.50	1.48	1·49	1.49	Février
Washington (lat. 44° N) 1910-1916	1.51	1.49	1.47	1.48	Décembre

Tout à fait exceptionnellement, on a observé à Zurich, d'après J. MAURER, la valeur de Q = 1.54 cal. (m = 1.13 atmosphère) pendant un coup violent d'un « föhn » très sec.

Les valeurs annuelles de Max Q ne changent pas beaucoup d'une année à l'autre, excepté sous l'influence des perturbations atmosphériques persistantes dues à des éruptions volcaniques. Une telle dépression dans les valeurs observées de l'intensité du rayonnement solaire s'est produite en 1912-13 (Volcan Katmaï, Alaska) et en 1903-4 (Mont-Pelé, Martinique). L'effet de ces éruptions violentes peut être facilement constaté d'après les résultats des mesures pyrhéliométriques suivantes, faites régulièrement à Varsovie depuis 1901.

On obtient à Varsovie les écarts annuels suivants (en %) par rapport à la moyenne générale pour 18 ans : 1901-1918, de l'intensité du rayonnement solaire :

Année	%	Année	%	Année	%
1901	4	1908	2	1913	— 3
1902	— 1	1908	0	1914	— 2
1903	— 13 *	1909	2	1915	— 1
1904	— 3	1910	1	1916	— 2
1905	3	1911	7	1917	1
1906	4	1912	— 6 *	1918	3

Pour les dix années de 1919-1928, nous donnons ci-après les maxima du rayonnement solaire (Q) directement observés à Varsovie :

	Max. Q (cal.)	Masse atm. m (atm.)	Vapeur d'eau f (mm)
Année 1919.....	1.42 (Mai 8)	1.30	4.9
» 1920.....	1.40 (Octobre 3)	1.78	3.4
» 1921.....	1.40 (Avril 3)	1.41	3.4
» 1922.....	1.38 (Août 2)	1.21	12.9
» 1923.....	1.37 (Juillet 9)	1.19	13.3
» 1924.....	1.42 (Avril 1)	1.54	4.1
» 1925.....	1.42 (Mars 4)	1.95	3.9
» 1926.....	1.40 (Mars 26)	1.58	3.2
» 1927.....	1.42 (Février 20)	2.22	1.2
» 1928.....	1.43 Mars 10)	1.79	2.3

III. — Oasis sahariennes et régions limitrophes

Il semble que les valeurs de Max. Q, approchant et dépassant 1.60 cal. à des points situés assez bas, peuvent être atteintes dans certaines régions désertiques et semi-arides.

Comme il est stipulé récemment dans notre mémoire : *Sur les valeurs élevées et les pertes d'énergie du rayonnement solaire observées dans les régions désertiques et les montagnes tropicales* (publié dans le Bulletin de l'Académie Polonaise, octobre 1929), les Max. Q diurnes s'approchant de Q = 1.60 cal. ont été observés à Ouargla, Oasis du Sahara.

Tableau III

Maxima Q en cal. avec les distances zénithales (z) du soleil, observés à Ouargla, Sahara
(latitude géographique 32°0, longitude 3°2 Est Greenw., altitude 157 mètres)

Année 1926	Janvier Cal.	Janvier Z	Février Cal.	Février Z	Mars Cal.	Mars Z	Avril Cal.	Avril Z
Pentades :								
1- 5	1.43	54°	1.54	53°	1.57	28°	1.55	28°
6-10	1.49	53°	1.54	47°	1.54	37°	1.46	26°
11-15	1.47	54°	1.50	46°	1.55	35°	1.46	29°
16-20	1.57	52°	1.56	45°	1.48	34°	1.51	23°
21-25	1.51	52°	1.59	42°	1.58	33°	—	—
de 26.....	1.57	50°	vents de sable		1.57	29°	—	—

Nous déduisons de nos séries sahariennes les moyennes mensuelles suivantes de Max. Q en calories, obtenues de toutes les valeurs diurnes de Max. Q observées à Ouargla :

Année 1926	Nombre de jours	Max. Q. Moyennes
Janvier	28	1.45 cal.
Février	18	1.52 »
Mars	22	1.51 »
Avril	13	1.44 »

D'autre part, nous donnons les intensités les plus élevées obtenues à l'Oasis Saharienne d'Ouargla :

17 janvier 1926..... Max. = 1.57 cal.
22 février » ..... » » = 1.59 »
25 mars » ..... » » = 1.58 »

Les degrés de transparence de l'atmosphère pour le rayonnement solaire sont souvent élevés dans les régions désertiques. La transparence diminue, comme de coutume, de l'hiver à l'été.

L'influence des régions sahariennes se fait sentir, très fortement parfois, dans les régions limitrophes. Cela se voit dans la série importante des mesures actinométriques organisées à l'Ariana, près de Tunis, par les soins de M. F. Bœuf, l'éminent directeur du Service Botanique Tunisien. Voici les maxima mensuels de l'intensité du rayonnement à l'Ariana obtenus pour une surface exposée normalement aux rayons solaires pendant les douze mois de juillet 1924 à juin 1925 :

Maxima mensuels de l'intensité du rayonnement solaire à l'Ariana, près de Tunis

1924	Cal.	1925	Cal.
Juillet	1.51	Janvier	1.51
Août	1.46	Février	1.54
Septembre	1.46	Mars	1.48
Octobre	1.54	Avril	1.51
Novembre	1.57	Mai	1.35
Décembre	1.51	Juin	1.40

Il est intéressant de comparer les maxima nord-africains avec les intensités correspondantes dans le littoral méditerranéen de France et notamment à Nice et à Montpellier.

On voit d'après ces tableaux numériques que les maxima les plus

élevés se manifestent le plus souvent au commencement du printemps ou à la fin de l'automne, tandis qu'en plein hiver (décembre et janvier), la position trop basse du soleil empêche l'accroissement plus important du rayonnement solaire.

A Paris, comme à Varsovie, les maxima apparaissent vers le printemps (avril et mai) pour la même raison; de novembre à février, le soleil y est tellement bas qu'on obtient pendant ces mois les valeurs minima de l'intensité.

TABLEAU III *bis*

Maxima mensuels de l'intensité du rayonnement solaire à Nice et à Montpellier

	NICE				MONTPELLIER			
ANNÉE	1928	1929	1930	1931	1924	1925	1926	1927
	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.	Cal.
Janvier	—	1.41	1.32	1.35	—	1.37	1.38	1.29
Février	—	1.43	1.39	1.44	—	1.37	1.50	1.38
Mars	—	1.37	1.46	1.48	—	1.45	1.45	1.40
Avril	—	1.47	1.46	1.47	—	1.44	1.45	1.38
Mai	—	1.41	1.49	1.40	—	1.48	1.40	1.37
Juin	—	1.37	1.32	1.43	—	1.42	1.38	1.36
Juillet	—	1.45	1.29	—	—	1.49	1.39	1.39
Août	—	1.36	1.28	—	—	1.45	1.40	1.34
Septembre	—	1.34	1.46	—	—	1.49	1.45	1.34
Octobre	—	1.39	1.44	—	1.38	1.46	1.46	—
Novembre	—	1.37	1.41	—	1.23	1.49	1.45	—
Décembre	1.43	1.37	1.40	—	1.34	1.27	1.33	—

NOTA. — Les maxima de l'intensité du rayonnement solaire augmentent aussitôt que l'on se déplace du littoral vers les montagnes. Ainsi, par exemple, la station de Thorenc, située dans les Alpes-Maritimes (altitude de 1.208 mètres au-dessus du niveau de la mer), à une distance de 40 km. environ (en ligne aérienne) de Nice, accuse les maxima suivants :

Décembre	1930	Q = 1.51	cal.
Janvier	1931	Q = 1.55	»
Février	»	Q = 1.56	»
Mars	»	Q = 1.60	»
Avril	»	Q = 1.62	»
Mai	»	Q = 1.49	»
Juin	»	Q = 1.50	»

Ces maxima ont été obtenus avec les pyrhéliomètres thermoélectri-

ques de Richard du même modèle qu'on a employé à Nice. Les coefficients de ces pyrhéliomètres ont été contrôlés périodiquement avec les pyrhéliomètres à compensation électrique (système d'Angström).

III. — Stations élevées et hautes montagnes

L'examen des données actinométriques observées dans les régions montagneuses montre l'influence bien marquée des conditions locales. En général, l'intensité du rayonnement solaire croît au fur et à mesure de l'élévation du terrain. Cela est bien visible d'après les données du tableau VII, qu'on trouve plus loin.

A côté des maxima annuels, il est important d'étudier la marche des maxima mensuels. Nous donnons, dans le tableau IV, les valeurs correspondantes pour trois stations de l'Amérique du Nord dont les deux premières sont situées à une altitude dépassant 2 kilomètres au-dessus du niveau de la mer.

Tableau IV

Valeurs mensuelles de l'intensité du rayonnement (Max. Q) solaire observées directement sans réduction à la distance moyenne de la Terre

Mois	Tacubaya (Mexique)	Santa Fé (New Mexico) (U. S. A.	Mount Weather (U. S. A.)
Janvier	1.63	1.63	1.37*
Février	1.66	1.53	1.48
Mars	1.54	1.59	1.48
Avril	1.56	1.57	1.45
Mai	1.52	1.55	1.50
Juin	1.54	1.51	1.47
Juillet	1.48*	1.45*	1.48
Août	1.53	1.47	1.45
Septembre	1.57	1.53	1.50
Octobre	1.60	1.57	1.48
Novembre	1.57	1.63	1.43
Décembre	1.63	1.53	1.40
Année	1.66	1.63	1.50
Amplitude	0.18	0.18	0.13

Coordonnées géographiques des Stations

Stations	Latitude	Longitude	Altitude
Tacubaya	19°4 N	99° W	2.3 km.
Santa Fé	35°7 N	106° W	2.1 km.
Mount Weather	39°1 N	77° W	0.54 km.

Le tableau IV nous montre le fait assez général (sauf pour les latitudes voisines du cercle polaire) que les plus fortes intensités du rayonnement solaire ne sont pas obtenues durant les mois d'été.

Dans les latitudes correspondant aux zones tempérées, le maximum du rayonnement solaire est observé le plus souvent au printemps; vers les Tropiques et à l'Équateur, les maxima se manifestent au contraire durant l'hiver.

IV. Valeurs de l'intensité du rayonnement solaire observées dans la haute atmosphère

On a effectué jusqu'ici un nombre bien restreint de mesures pyrhéliométriques et solarimétriques dans la haute atmosphère. Dans le tableau V nous reproduisons les données obtenues en avion par K. Buttner, qui s'est servi d'un appareil bimétallique et aussi d'un solarimètre.

Dans le tableau IV sont réunies les valeurs de l'intensité du rayonnement solaire observées pendant les ascensions en ballon par MM. Marten et Bruckmann.

Notons que c'est M. Coym qui a entrepris, en 1908, la première ascension en ballon dans le but actinométrique. Ensuite ce fut A. Peppler, qui a effectué plusieurs ascensions de ce genre en 1913 en Allemagne du Sud. L'intensité maximum trouvée par A. Peppler le 19 octobre 1913 fut :

$$Q = 1.72 \text{ cal. (altitude 7,5 km.)}$$

pour la distance zénithale 61°.

Le nombre Q = 1.76 cal. calculé par M. Abbot, d'après une ascension d'Omaha (Etats-Unis), paraît bien incertain. Il s'agit ici d'un ballon-sonde qui devrait atteindre une altitude de 22 km.

Tableau V

Mesures pyrhéliométriques effectuées en avion, le 8 août 1929, au-dessus de Berlin

Altitude (mètres)	Baromètre (m/m)	Température de l'air	Humidité %	Q Cal.
50	750	26°5	57	1.01
600	705	21°7	62	1.23
1800	613	11°0	62	1.39
2000	604	10°4	60	1.45
3000	525	4°5	54	1.55
3300	510	3°0	64	1.65
4000	469	— 0°7	56	1.67
4350	448	— 3°0	52	1.69
5370	393	—10°0	52	1.71

TABLEAU VI

Observations en ballon monté au-dessus de Potsdam-Bitterfeld, le 18 mars 1931

TEMPS (approx.)	Distance zénithale	POTSDAM Q Cal.	OBSERVATIONS EN BALLON	
			Altitudes Km.	Q Cal.
8 1/2 a.....	69°	0.69	—	—
9 a.....	66°	0.78	—	—
9 3/4 a.....	61°	0.87	0.20	0.99
10 a.....	59°	0.90	0.45	1.10
10 3/4 a.....	56°	0.98	1.45	1.39
11 1/4 a.....	54°	1.03	1.99	1.45
11 3/4 a.....	53°	1.07	2.45	1.60
12 1/4 p.....	53°	1.01	2.95	1.61
12 1/2 p.....	53°	0.96	3.0	1.58
1 p.....	55°	0.93	3.55	1.61
1 3/4 p.....	57°	0.93	3.65	1.60
2 1/2 p.....	61°	0.83	4.05	1.62
3 1/4 p.....	66°	0.66	4.0	1.55
3 1/2 p.....	68°	0.60	3.1	1.44
3 3/4 p.....	70°	—	2.8	1.41
4 p.....	73°	—	2.4	1.33
4 1/2 p.....	77°	—	1.3	0.68

CONCLUSIONS

Dans le tableau VII se trouve un résumé général des valeurs maxima de l'intensité du rayonnement solaire observées dans les différentes régions du globe terrestre et aussi dans la haute atmosphère. Les maxima sont donnés dans le tableau VII sans réduction à la distance moyenne de la terre au soleil. Rappelons que cette réduction oscille entre +3 1,3 % (en juillet) et —3 1 3 % (en décembre); elle passe par zéro dans les saisons intermédiaires. Remarquons aussi que la réduction la plus forte, au cours de l'année, est observée généralement au printemps.

Outre la distance entre la terre et le soleil, c'est la hauteur variable de notre astre diurne au-dessus de l'horizon qui influence beaucoup les valeurs observées de l'intensité du rayonnement solaire. Pour cette raison, il est souvent utile de ramener les intensités observées à une distance zénithale commune (par exemple à Z = 48° ou à Z = 0°).

Le choix de Z = 0° (soleil au zénith) présente cet inconvénient que, hors des tropiques, on ne voit jamais le soleil dans la position verticale. Pour parer à cette difficulté, il est préférable d'adopter dans la plupart des cas la distance zénithale Z = 48°, laquelle correspond à l'épaisseur de 1,5 atm. au niveau de la mer. On retrouve le soleil dans cette position pendant la moitié la plus chaude de l'année dans toute la zone tempérée.

Tableau VII

Valeurs les plus élevées (Max. Q) du rayonnement solaire observées dans les différentes régions de la Terre

REGIONS	Coordonnées Lat.	Coordonnées Long.	Alt. Km	Max. Q Cal.	Max. Q Z	Dates		Périodes
Océans, Zones intertropicales et tempérées								
Sud-Atlantique...	12° S	38° W	0.0	1.36	10°	2 X	1925	1924-25
Océan Indien.....	12°0 N	52°1 E	»	1.38	11°	25 III	1923	1923
Mer Rouge.....	12°4 N	44°1 E	»	1.34	11°	23 III	1923	1923
Méditerranée.....	34°5 N	24°9 E	»	1.38	17°	17 VII	1923	1923
Nord-Atlantique..	41°8 N	44°4 E	»	1.39	51°	16 X	1928	1923-28
Stations continentales basses								
Helsingfors.....	60°2 N	25°0 E	0.0	1.37	53°	11 IV	1926	1922-26
Pawlowsk.....	59°9 N	30°3 E	0.0	1.43	53°	8 IV	1926	1914-26
Varsovie.....	52°2 N	21°0 E	0.1	1.43	48°	10 III	1928	1904-28
Potsdam.....	52°4 N	13°1 E	0.1	1.45	51°	19 III	1924	1907-24
Paris.....	48°8 N	2°5 E	0.1	1.43	37°	22 IV	1929	1924-29
Karlsruhe.....	49°0 N	8°4 E	0.1	1.37	44°	3 IV	1923	1921-25
Régions méditerranéennes et désertiques								
Nice.....	43°7 N	7°3 E	0.0	1.49	64°	13 V	1930	1928-31
Montpellier.....	43°6 N	3°9 E	0.0	1.50	56°	20 II	1925	1924-25
Ariana.....	36°8 N	7°9 E	0.0	1.57	52°	5 XI	1924	1924-25
Ouargla.....	32°0 N	3°2 E	0.2	1.59	42°	22 II	1926	1925-26
Montagnes et Hauts Plateaux								
Thorenc.....	43°8 N	6°7 E	1.2	1.62	50°	18 IV	1931	1930-31
Davos.....	46°8 N	9°7 E	1.6	1.59	31°	6 V	1921	1907-28
Arosa.....	46°8 N	9°7 E	1.9	1.63	48°	18 III	1928	1921-28
Swinica.....	49°1 N	24°5 E	2.3	1.64	39°	1 IX	1926	
Tacubaya.....	19°4 N	99° W	2.3	1.66	39°	7 II	1912	1911-17
Ajusco.....	»	»	3.0	1.66	38°	25 I	1928	1927-28
Tlamacas.....	19°1 N	99° W	3.9	1.69	29°	18 III	1928	
Popocatepetl.....	19°0 N	99° W	5.3	1.71	25°	17 III	1929	
Haute atmosphère								
Points de départ :								
Potsdam.....	52°4 N	13°1 E	4.1	1.62	61°	18 III	1921	
Berlin.....	»	»	5.4	1.71	42°	8 VIII	1929	
Griesheim.....	51°1 N	8°7 E	7.5	1.72	61°	19 X	1913	
Omaha.....	41°2 N	95°9 E	22,0	1.78	19°	11 VII	1914	

TABLEAU VIII

Valeurs de Max. Q uniformément réduites à la distance zénithale Z = 48° et à la position moyenne de la terre par rapport au soleil

Régions océaniques intertropicales	1.24 cal.
Zone maritime tempérée (Nord Atlantique)	1.35 »
Plaines européennes	1.42 »
Oasis sahariennes	1.52 »

MONTAGNES	
1,5 km	1.56 cal.
2 »	1,61 »
2,5 km	1.63 »
3 km	1.64 »
4 »	1.65 »
5 »	1,66 »

HAUTE ATMOSPHÈRE	
Ascensions :	
5,5 km	1.73 cal.
7,5 »	1.74 »

Le tableau VIII nous donne un aperçu général des maxima *Q* uniformément réduits à la même position du Soleil et de la Terre. Vu le nombre encore restreint des observations pyrhéliométriques, surtout dans les Océans et dans la haute atmosphère, les données du tableau VIII ne représentent que la première approximation.

Si l'on envisage, au lieu des valeurs maxima, les moyennes annuelles de l'intensité du rayonnement solaire, les nombres deviennent naturellement moins élevés. Nous avons trouvé par exemple, au cours de plusieurs voyages à bord de neuf navires différents, que l'intensité moyenne au zénith de 1,3 cal. paraît caractéristique pour de grandes étendues maritimes en Océans Indien et Atlantique. Cette moyenne demande à être établie séparément pour les mers chaudes (Océan Indien) et pour certaines parties tempérées de l'Océan Atlantique.

TABLEAU VIII *bis*

Moyennes annuelles préliminaires de l'intensité du rayonnement solaire (au niveau de la mer) pour trois distances zénithales : 60°, 48° et 0°

	Z=60°	48°	0°
	cal.	cal.	cal.
Mers intertropicales (Océan Indien)	1.03	1.14	1.27
Zone tempérée (Nord Atlantique)	1.14	1.24	1.35
Iles équatoriales (littoral)	1.01	1.12	1.25
Plaines continentales humides dans la zone tempérée (Nord)	1.08	1.18	»

Dans le petit tableau VIII *bis*, nous donnons enfin quelques moyen-

nes préliminaires de l'intensité du rayonnement solaire. Les différences qu'on y observe sont dues surtout à l'effet de la vapeur d'eau, qui varie beaucoup entre l'Equateur et les régions tempérées.

Pour les stations continentales, il faut compter aussi avec la brume ou poussière atmosphérique. Cette dernière qui ne dépasse pas beaucoup 2 % pour les océans, peut atteindre et même largement dépasser 10 % de l'intensité observée dans les stations continentales.

LADISLAS GORCZYNSKI

Docteur ès Sciences

Sur l'emploi des filtres solaires dans l'Actinométrie

Résumé

Après avoir rappelé le principe des solarimètres avec les tubes pyrhéliométriques, employés déjà depuis 1926 pour la radiation totale, l'auteur montre comment cet appareil très simple peut servir aussi pour l'évaluation commode des intensités partielles et surtout pour les mesures du rayonnement violet en valeur absolue.

Puisque les verres colorés utilisés comme écrans (filtres) violets laissent passer toujours plus ou moins facilement les rayons infra-rouges, il faut combiner ces écrans avec des cuves remplies avec des solutions convenablement choisies.

D'autre part, par suite du peu d'énergie calorifique qui décroît si rapidement au fur et à mesure quand on passe dans l'ultra-violet, il faut concentrer les rayons au moyen de lentilles, si l'on veut éviter l'emploi des galvanomètres sensibles à miroir et se servir des millivoltmètres robustes utilisés avec les solarimètres.

L'auteur décrit un dispositif pratique, lequel se compose d'un solarimètre du modèle courant mais adapté spécialement aux mesures des rayons violets. Comme écran, on emploie un verre coloré, spécial, conjointement avec une cuve remplie de solution aqueuse de sulfate de cuivre ou même d'eau pure. Grâce à une lentille plan-convexe qui concentre les rayons, le dispositif en question fonctionne aisément avec un millivoltmètre robuste de Richard du modèle courant.

Ce dispositif peut servir non seulement pour le rayonnement solaire, mais peut être aussi facilement adapté pour les sources artificielles.

I. Solarimètres avec tubes pyrhéliométriques

Dans le tome V, fascicule 2, des « Annales du Service Botanique Tunisien », paru en 1928, se trouve la description de divers actinomètres sous le titre : « Sur les instruments solarimétriques et spectro-pyrhéliométriques pour les mesures totales, normales et partielles du rayonnement solaire ». Nous y avons décrit, entre autres, le fonctionnement des solarimètres, dans lesquels une pile thermo-électrique spéciale, montée sous un verre hémisphérique, est directement reliée et placée dans la boîte même du millivoltmètre approprié.

La déviation de l'aiguille solarimétrique donne immédiatement la valeur instantanée de l'intensité du rayonnement venant non seulement du soleil mais aussi diffusé par le ciel à la surface horizontale.

Un tube contenant la même pile nue, placé dans un support pouvant être dirigé normalement vers le soleil, donne un petit pyrhéliomètre relié au solarimètre.

Au lieu des lectures directes on peut faire l'enregistrement, on peut aussi obtenir séparément l'intensité des rayons violets avec l'ultra-violet et des rayons infra-rouges en employant les écrans spéciaux.

C'est de la description plus détaillée de ces écrans, intéressant spécialement l'actinologie que nous nous occuperons maintenant, sans nous étendre cette fois sur les solarimètres et les tubes pyrhéliométriques, construits régulièrement à Paris, depuis 1926, par la Société J. RICHARD.

Ces appareils fort simples peuvent être maniés facilement par les personnes très peu expérimentées dans l'usage des appareils électriques et météorologiques.

II. Ecrans infra-rouges et verres violets

Rappelons tout d'abord que, dans le spectre solaire observé à une altitude peu élevée au-dessus de la mer dans des conditions moyennes d'humidité et de poussière atmosphérique, on obtient la répartition suivante (en pourcentage de l'intensité totale) de l'énergie du rayonnement dans les différentes parties du spectre :

	Zénith	30°	15°
	%	%	%
Ultra-violets	1	1/2	»
Spectre visible prolongé jusqu'à 0,35 microns :			
de 0,35 à 0,4	3	2 1/2	1
de 0,4 à 0,5	14	12	9
de 0,5 à 0,6	16	14	12
de 0,6 à 0,7	15	18	20
Infra-rouge à partir de 0,7 microns	51	53	58
Visible et ultra-violets	49	47	42
Total	100	100	100
Intensité moyenne en calories	1.28	1.00	0.66
ou en millivolts (1) par cm²	89	70	46

(1) NOTA. — Rappelons que 1 calorie par minute et cm2 équivaut à 69,7 milliwatt par cm2; d'autre part, un milliwatt par cm2 correspond à un kilowatt par décamètre carré. L'intensité du rayonnement solaire observée hors des montagnes et des régions déserti-

Malgré le caractère tout à fait approximatif de la dernière table, elle permet cependant de nous rendre bien compte de l'affaiblissement de l'énergie qu'on obtient avec les différents écrans. Un verre rouge (par exemple verre d'Iéna F. 4512) qui transmet bien la plupart de l'infra-rouge peut nous donner facilement 60 % ou davantage de l'énergie solaire totale suivant la position du soleil au-dessus de l'horizon. D'autre part, un verre noir (par exemple verre de marbre) opaque sous l'épaisseur suffisamment grande pour les rayons visibles, aurait laissé passer plus de la moitié du rayonnement infra-rouge.

En réalité, on obtient un quart environ par rapport à l'énergie solaire totale obtenue sans le verre de marbre en question, lequel, pris en l'épaisseur de 7 1/2 m/m, transmet la fraction suivante du rayonnement, pour les différentes longueurs d'onde :

Fraction du rayonnement transmis par les différentes longueurs d'onde (en micron) par le verre de marbre (épaisseur 7 1/2 m/m)

Micron	Pourcentage
0,7	rien
0,8	6
1,0	24
1,4	71
1,8	84
2,2	81
2,6	30
3,0	6

Il existe encore d'autres écrans pour l'infra-rouge, par exemple l'écran en ébonite pour l'infra-rouge proche du rouge, l'écran américain de Corning « heat transmitting glass », analogue à notre verre de marbre, etc...

Si les difficultés ne sont pas grandes dans l'emploi des écrans rouges, le problème se complique aussitôt qu'on passe aux parties plus réfrangibles du spectre (1). Non seulement on constate ici l'affaiblissement très rapide de l'intensité du rayonnement transmis, mais il faut compter encore avec la difficulté provenant du fait que les verres qui nous paraissent violets laissent en réalité passer davantage

ques ne dépasse que rarement 1,45 cal. gr. ou 100 milliwatt par cm2; comme limite extrême citons la valeur 1,94 cal. gr. par minute (135 milliwatt par cm2 de la surface exposée normalement aux rayons solaires). Dans l'ultra-violet on pourrait parler des intensités en millicolories.

(1) Voir notre publication « Mesures de l'intensité totale et partielle du rayonnement solaire effectuées en 1924 en Afrique française du Nord » (*Annales du Service Botanique de Tunisie*, fasc. I, Tunis, 1925). En anglais dans : Vol. 51, Londres 1926, de « Quaterly Journal of the Royal Meteorogical Society », sous le titre : Light Filter Measurements made by the Polish Solar Radiation Expedition to Siam in 1923, and at Touggourt in the Sahara Desert 1924.

des rayons infra-rouges et même des rouges. Citons comme exemple le verre bien connu d'uviol, qui, bien que transparent entre 0,45 et 0,28 micron, laisse aussi passer facilement l'infra-rouge entre 0,8 et 2,9 microns. Ceci présente un gros inconvénient et fait que les verres colorés employés seuls ne peuvent servir utilement comme écran dans la partie violette et ultra-violette du spectre.

III. **Ecrans violets et ultra-violets**

Pour les raisons indiquées plus haut, les verres colorés peuvent servir comme écrans violets, mais seulement à la condition qu'on élimine les rayons infra-rouges. On les combine pour cela avec les solutions aqueuses de sulfate de cuivre (Cu SO^4, $5H^2$ O) et de sulfate de nickel (Ni SO^4, $7H^2$ O.). Remarquons que les verres violets conjointement avec une cuve d'eau ont déjà été employés par le célèbre professeur Knut Angström à la fin du XIX^e siècle et que la solution de sulfate de nickel a été préconisée récemment par plusieurs spécialistes.

Notons tout d'abord que déjà une cuve d'eau présente un excellent absorbant pour la grande partie des rayons infra-rouges; une couche d'eau, de 1 cm. seulement, arrête toutes les longueurs d'onde plus grandes que 1,4 micron (1.400 A°) et ne laisse passer qu'un tiers environ des rayons de 1,1 micron proches déjà du rouge. Beaucoup mieux qu'une simple couche d'eau agit la solution aqueuse de sulfate de cuivre. Concentrée à 10 % (sous une couche de 1 cm.) elle laisse passer, outre la partie de 0,32 à 0,65 micron, une petite portion de l'infra-rouge entre 0,9 et 1,2 micron; la transmission n'arrive pas ici, pourtant, même à un demi pour cent, de manière qu'en prenant les solutions plus concentrées (par exemple 30 gr. de Cu SO^4 dans 100 gr. d'eau) on élimine pratiquement tout l'infra-rouge.

Dans l'usage actino-thérapeutique, il faut pourtant tenir compte du fait que les solutions de sulfate de cuivre ne sont pas généralement transparentes pour l'ultra-violet plus lointain. Par exemple, pour 0,3 micron (3.000 A°) la couche de 1 cm. de Cu SO^4 (concentration de 2 %) laisse passer seulement un tiers des rayons ultra-violets en question et cette proportion tombe à moins d'un centième de l'énergie correspondante pour la concentration cinq fois plus forte. S'il s'agit de l'application des rayons ultra-violets, plus intéressant est l'emploi des solutions aqueuses de sulfate de nickel: les couches de 1 cm. de ces solutions, concentrées à 50 %, laissent bien passer les régions du spectre entre 0,26 et 0,36 (maximum à 3.000 A°) et de 0,45 à 0,6 micron; à part cela, il reste encore une portion dans l'infra-rouge proche du rouge entre 0,8 et 0,95 micron avec la transmission moins de 10 %, qu'on élimine en employant ces solutions conjointement avec des verres violets convenablement choisis.

En nous basant sur les courbes d'absorption publiées par divers expérimentateurs (Gibson, Coblentz, Gage, Jones, etc.), nous nous sommes arrêté à l'emploi des trois écrans suivants :

I. Verre V^{I} (Violet Jena « Blau » spécial); employé conjointement avec la solution aqueuse de sulfate de cuivre (concentration 20 %) ou même d'une cuve d'eau pure seulement, transmet les rayons de 0,37 à 0,48 micron.

II. Verre V^{II} (Violet Corning « Red Purple ») avec une cuve $Cu\,SO^4, 5H^2\,O$ (20 %). Transmission de 0,33 à 0,43 micron.

III Verre V^{III} (Violet Corning « Blue Purple » avec une cuve $Cu\,Ni\,SO4, 7H2\,O$ (50 %). Transmission de 0,36 à 0,36 micron.

Pour employer ces écrans, il faut compter avec la sérieuse difficulté pratique qui résulte de la faible quantité d'énergie transmise ensemble par les verres et solutions indiquées plus haut. Dans le cas le plus favorable à ce point de vue, la proportion du rayonnement solaire total transmis par l'écran I est de 1 % environ; la proportion est encore moins grande pour l'écran II et beaucoup plus faible pour l'écran III. En employant un galvanomètre à miroir suffisamment sensible, on arrive à effectuer ces mesures : mais, pour les observations courantes, on peut difficilement arriver à généraliser ces mesures sans que l'emploi des galvanomètres (millivoltmètres) robustes du modèle courant soit rendu suffisant à cet effet.

Notons qu'on connaît en physique les lames de quartz ou de verre ultra-violet recouvertes d'une couche d'argent ou d'or; sous une couche assez épaisse, elles laissent passer une portion assez étroite du spectre vers 0,32-0,33 micron seulement pour l'argent et 0,48-0,50 micron pour l'or.

Les lames en question furent déjà employées comme écrans solaires dans l'Astrophysique par M. Edison-Pettit; mais vu la très faible portion d'énergie rayonnante qui passe par ces écrans, il faudrait employer non seulement des galvanomètres à miroir extrêmement sensibles, mais aussi de grandes lentilles pour concentrer les rayons solaires. Ce procédé ne présente donc pas jusqu'à maitenant beaucoup d'intérêt pour l'usage courant.

IV. **Trois écrans combinés des verres violets avec des solutions en cuvee**

Les trois écrans mentionnés plus haut :

I. Verre violet « Jena » avec cuve remplie de solution aqueuse de sulfate de cuivre ou d'eau pure seulement;

II. Verre violet « Corning » avec une solution de sulfate de cuivre;

III. Autre violet « Corning » avec sulfate de nickel,

peuvent être classifiés de la manière suivante :

I. Ecran « violet »; transmet de 0,37 à 0,48 micron avec maximum de transparence vers 0,425;

II. Ecran « violet avec l'ultra-violet proche »; transmet les rayons entre 0,33 et 0,43 micron avec maximum de transparence vers 0,38;

III. Ecran « ultra-violet » de 0,26 à 0,36 micron, avec maximum de transparence vers 0,31.

Parmi ces trois écrans, c'est le troisième qui tout d'abord serait susceptible d'attirer notre attention. Mais un examen plus approfondi nous montre qu'il présente aussi de graves inconvénients pratiques. Au point de vue physique, il ne s'approche pas suffisamment du monochromatisme, car, à côté de la région de 0,26 à 0,36 (avec maximum de transparence vers 0,31 micron), il est aussi un peu transparent dans l'infra-rouge proche entre 0,8 et 0,9 micron. Il est vrai que le maximum de transparence, qui est de 50 % pour la longueur d'onde 0,31, n'est que de 2 % pour 0,85 micron. Mais étant donné le caractère de la répartition de l'énergie rayonnante dans le spectre et vu l'extrême faiblesse de l'intensité calorifique dans l'ultra-violet surtout au-dessous de 0,3 micron, on comprend aisément que même une très faible transmission de l'infra-rouge pourrait masquer ou influencer beaucoup les mesures ultra-violettes. Comme circonstance aggravante s'ajoute ici la difficulté d'éliminer cet infra-rouge indésirable. On pourrait ajouter une faible solution de sulfate de cuivre, qui éliminera pratiquement l'effet de l'infra-rouge, mais alors on réduira beaucoup la région transmise, car une solution de sulfate de cuivre ne laisse plus passer déjà les rayons si intéressants de 0,3 micron.

D'autre part, l'emploi de l'écran « ultra-violet », composé d'un verre « Corning Blue Purple » (épaisseur $3^{m/m}$) et d'une cuve en quartz avec la solution de sulfate de nickel (concentration 50 %, épaisseur 1 cm.), demande l'emploi d'un galvanomètre sensible à miroir ce qui certes ne facilite point l'usage de cet écran dans la pratique courante. Et même dans ce cas cet écran ne pourrait être utile que seulement pour les sources artificielles avec l'intensité du rayonnement extrêmement réduite du côté de l'infra-rouge.

L'écran II, composé d'un verre violet « Corning Red Purple » (épaisseur $3^{m/m}$) et d'une cuve remplie avec la solution aqueuse de sulfate de cuivre (concentration 10 %, épaisseur 2 cm.), a déjà un caractère bien plus monochromatique que l'écran ultra-violet III, examiné plus haut. L'écran présente une seule région de transmission entre 0,33 et 0,43 micron avec le maximum (69 %) de transparence vers 0,38 micron près de la limite de la partie visible du spectre.

Cet écran, combiné pour les mesures du violet avec l'ultra-violet proche, est bon, mais demande aussi l'emploi d'un galvanomètre à miroir assez sensible. On pourrait renforcer l'intensité du rayonnement au moyen des lentilles, mais les dimensions nécessaires pour pouvoir opérer avec les galvanomètres simples à l'aiguille seraient trop grandes pour que le dispositif en question puisse présenter un intérêt pratique. Construit en quartz, il serait non seulement très coûteux, mais demanderait encore une installation supplémentaire

pour empêcher l'échauffement des parties exposées à une plus forte concentration de l'énergie rayonnante.

Comme moyen pratique, il ne nous reste maintenant que l'emploi de l'écran I, qui se compose d'un verre violet spécial (Jéna, F. 3.873) avec une cuve remplie avec une solution aqueuse de sulfate de cuivre ou même tout simplement avec de l'eau pure. Il est remarquable au point de vue physique, car l'effet combiné du verre violet F. 3.873 (épaisseur 26 m/m) avec une couche d'eau de 1 cm. ne laisse rien passer de l'infra-rouge même lointain jusqu'à 9 microns; d'autre part, l'intensité du rayonnement transmis par cet écran est d'ordre de milliwatt, ce qui permet l'emploi des indicateurs électriques (millivoltmètres à l'aiguille) du type courant. En ajoutant une simple lentille de 5 à 10 cm. de diamètre, on obtient facilement des déviations de plusieurs millivolts sur un appareil électrique robuste et relativement peu coûteux.

La courbe de transmission du verre violet F. 3873 est bien connue; nous la donnons d'après les données de U.S. Bureau of Standards.

Fraction du rayonnement transmis par le verre violet F. 3873 (2,6 mm *d'épaisseur*) *et par une couche d'eau de* 1 cm

Longueur d'onde en microns	Transparence pour cent
0,348	0
0,35	1
0,36	4
0,38	19
0,40	30
0,42	31
0,46	24
0,48	11
0,50	3
0,51	1
0,565	0,01
0,706	0,02

Longeurs d'onde	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Verre violet (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.6
Couche d'eau (%)	82	68	32	6	2	0	0

On voit donc que, grâce à l'addition d'une couche d'eau qui absorbe complètement l'infra-rouge au delà de 1,6 micron, notre écran ne transmet pratiquement rien hors de la région 0,35 et 0,51; la transmission dépassant 10 % ne se manifeste qu'entre 0,37 et 0.48 micron. Le maximum de transparence (31 % dans notre cas) se manifeste vers 0,425 dans la partie violette du spectre, ce que justifie le nom de l'écran violet pour notre système.

D'autre part, notre table numérique montre qu'une très petite fraction (deux centièmes d'un pour cent) du rayonnement rouge est

transmise aussi par le verre violet F. 3.873. Quoique cela ne représente pas beaucoup d'importance pour les mesures de l'intensité dans la partie violette du spectre, notre œil est suffisamment sensible pour voir le disque rouge du soleil en regardant ce dernier par notre verre violet F. 3873 et un verre rouge. L'addition d'une cuve d'eau ne supprime pas l'image rouge du soleil, tandis que la même cuve remplie avec la solution aqueuse de sulfate de cuivre suffit pour éliminer complètement les traces du rouge. C'est pourquoi l'emploi des cuves de sulfate de cuivre est meilleur que celui des cuves d'eau dans le cas de la radiation solaire ou des sources artificielles riches en rayons rouges.

Nous passons maintenant à la description d'un dispositif qui nous paraît assez simple pour être employé par tous les intéressés qui voudraient être facilement documentés sur l'intensité des rayons violets du spectre.

V. Dispositif simple pour les mesures en valeur absolue de l'intensité de la partie violette du spectre

On se sert ici, comme récepteur du rayonnement, d'un solarimètre c'est-à-dire d'une pile thermo-électrique montée et reliée directement avec un millivoltmètre; la boîte contenant ce dernier et la pile sont reliées, en outre, avec un tube pyrhéliométrique placé sur un support équatorial qui permet de diriger les rayons solaires ou artificiels normalement à la surface thermo-électrique du tube. Un commutateur circulaire permet, suivant la position de deux fiches à vis de grosseurs différentes, de faire divers couplages en vue d'utiliser le millivoltmètre soit avec la pile sous un verre hémisphérique, soit avec la pile montée dans un tube sur un support équatorial facilement réglable dans toutes les directions.

Nous n'entrerons pas ici dans les détails, d'ailleurs fort simples, de la construction, le solarimètre étant déjà décrit et pouvant être facilement obtenu.

Or, possédant déjà une boîte solarimétrique avec le tube pyrhéliométrique correspondant, il faudrait ajouter encore les écrans appropriés pour pouvoir mesurer aussi, à côté de l'intensité totale, les intensités partielles du rayonnement dans les différentes parties du spectre.

Rien n'est plus simple s'il s'agit des rayons infra-rouges ou rouges, car dans ce cas il suffit de placer devant l'ouverture du tube une lame ou un petit cylindre du verre noir (dit « de marbre ») ou du verre rouge (p. ex. rouge d'Iéna) pour pouvoir lire immédiatement sur le millivoltmètre l'intensité du rayonnement transmis. L'énergie transmise par ces écrans (généralement de 50 à 60 % pour les verres rouges et de 20 à 40 % pour les verres noirs, suivant l'épaisseur employée) est suffisamment grande pour faire marcher facilement l'aiguille du millivoltmètre Richard, qui marquera alors plusieurs dizaines de divisions.

La déviation du millivoltmètre, gradué généralement de 0 à 100 (avec un coefficient d'étalonnage indiquant la valeur d'une division en calories), devient subitement bien petite quand on intercale devant la pile thermo-électrique un verre violet spécial au lieu d'un verre rouge ou même opaque pour la partie visible du spectre. Au lieu de plusieurs dizaines de divisions, l'aiguille du millivoltmètre RICHARD ne se déplace plus alors que de 5 divisions quand on intercale devant la pile une lame en verre violet F. 3873, et cette petite déviation se réduit encore à 2 ou 1 division seulement sous l'effet combiné de notre verre violet et d'une cuve d'eau de 1 cm. d'épaisseur ou à plus forte raison d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre (concentration de 20 % p. ex.).

Une déviation si petite correspondant seulement à quelques millicalories (moins de 0,02 cal. pour l'intensité dans la partie violette du spectre) ne permet pas d'exécuter des mesures précises et surtout des comparaisons entre les différentes sources ou des variations pour une source donnée. Pour remédier à cet état de choses, il nous reste ou bien à employer les galvanomètres sensibles à miroir ou bien à augmenter l'intensité des rayons incidents au moyen des lentilles. Dans notre cas, où il s'agit d'avoir un dispositif simple et pratique, il n'y a que l'emploi des lentilles qui peut nous servir utilement.

Le petit système optique décrit plus bas nous a permis facilement d'obtenir, pour l'intensité de la partie violette du spectre solaire, de 10 à 25 divisions au millivoltmètre RICHARD suivant l'état du ciel et surtout suivant la hauteur du soleil à midi au-dessus de l'horizon.

Disposant d'un solarimètre ordinaire avec le support et le tube pyrhéliométrique, on remplace le verre blanc (plan ou sphéro- cylindrique) placé à l'extrémité du tube par une lame du verre violet spécial de 2,5 $^{m}/^{m}$ d'épaisseur environ. Le support pyrhéliométrique étant suffisamment robuste et massif dans la construction RICHARD, on fixe devant l'ouverture du tube, sur deux ou trois tiges, une cuve avec une lentille plan-convexe mise à la face extérieure de la cuve. Si l'on préfère des cuves moins grandes et par conséquent moins lourdes, on peut placer la lentille à l'extrémité de la tige suivant son foyer et la cuve plus près du verre violet.

Avec un système pareil, facilement réalisable et simple à manier, nous avons pu obtenir pour la partie violette du rayonnement solaire une amplification décuplée en nous servant d'une lentille de 56 ^{mm} de diamètre (foyer 130 ^{mm}). Il n'est pas nécessaire que le système optique soit corrigé contre les aberrations avec un réglage parfait, car la pile thermo-électrique utilisée dans notre cas présente toute une ligne de soudures actives, et il n'est même pas utile que les rayons soient rigoureusement concentrés sur un point au centre de la surface sensible.

S'il s'agit non pas du soleil, mais d'une source artificielle du rayonnement, la position de la lentille convergente devra être établie suivant le cas donné. Il n'est pas dans notre intention d'étudier maintenant ces cas individuels ne présentant d'ailleurs aucune difficulté

spéciale au point de vue ni physique ni instrumental, mais d'attirer l'attention sur la possibilité d'adaptation immédiate des tubes pyrhéliométriques pour les mesures des rayons violets en valeur absolue.

Comme nous l'avons établi plus haut, l'usage d'un galvanomètre très sensible à miroir devient indispensable, si l'on veut passer à la mesure des rayons ultra-violets avec les piles ou thermo-éléments thermo-électriques. Quand on pousse plus loin dans l'ultra-violet au-dessous de 3.000 A, c'est la méthode photographique avec l'usage du microphotomètre qui, bien que compliquée et très coûteuse, nous permettra de continuer les mesures ultra-violettes en valeur relative.

Pour ceux qui n'ont pas de possibilité de faire ces recherches de laboratoire, on peut recommander la méthode solarimétrique simple pour les mesures des rayons violets avec l'usage d'une lentille; pour les rayons infra-rouges, il suffira alors d'une simple lame de verre noir intercalée sans aucune amplification devant l'ouverture d'un tube pyrhéliométrique.

L. MONTLAUR

OBSERVATIONS ACTINOMÉTRIQUES

FAITES, A TUNIS,

PENDANT L'ÉCLIPSE DU 1er NOVEMBRE 1929

Les conditions météorologiques, consignées d'autre part, étaient bonnes. La pluie tombée dans la nuit du 31 octobre au 1er novembre avait débarrassé l'atmosphère sinon de la totalité, au moins d'une bonne partie des poussières.

Le vent, pas très fort pendant la nuit, atteignait une vitesse de 15 kilomètres à 8 heures, passait progressivement à 30 kilomètres à 12 heures et se maintenait jusqu'au soir.

Quatre appareils (Gorczynski-Moll-Richard) étaient en service :

2 pyrhéliographes;
1 solarigraphe donnant la radiation totale;
1 solarigraphe donnant la radiation diffusée par le ciel.

Un des pyrhéliographes (que nous numéroterons 1) et le solarigraphe (diffus) étaient les appareils habituellement en station déroulant leur bande en 17 heures.

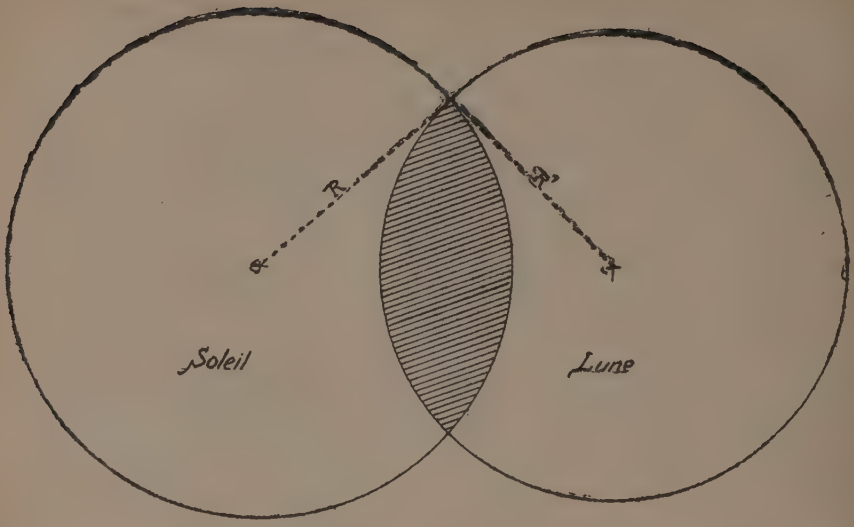
Le deuxième pyrhéliogrape était une pile de Moll, mise en service pour la circonstance, montée sur un héliostat: la bande se déroulait en 1 h. 10' environ.

Le deuxième solarigraphe était celui fonctionnant habituellement; mais, pour la circonstance, la bande se déroulait en 52 minutes. Ces deux appareils avaient un déroulement un peu rapide, ce qui amena plusieurs courbes sur la même feuille. On put obvier à leur superposition possible pour le pyrhéliographe 2 en changeant la sensibilité du millivoltmètre (ce changement est très visible sur le graphique); cela ne put se faire pour le solarigraphe.

Calcul de la surface cachée :

Diamètre ap. du soleil le 1er nov. 32' 17" = 1937" ½ Diamètre 969"
— de la lune — 30' 50" = 1850" — 925"

Importance de l'éclipse : 0,27 au moment du maximum.



La surface hachurée (cachée) a pour valeur la somme de deux segments de rayons R et R'

d'angles 85° 22' et 90° 12'

Le segment S^R a pour surface $\frac{\pi R^2 \times 85° 22'}{360} - S^T$ (S^T étant la surface du triangle ayant pour base la corde commune).

En prenant pour angle du centre du secteur 90° au lieu de 85° 22', on fait une erreur de $\frac{1}{36}$ de la surface du triangle ou $\frac{1}{144}$ de la surface du soleil (on peut pour de petits angles confondre la corde et l'arc).

L'erreur totale est donc positive et a pour valeur :

$\frac{1}{72} - \frac{1}{144} = \frac{1}{144}$ de la surface du soleil.

Le segment $S^{R'}$ a pour surface $\frac{\pi R'^2 = 90° 12'}{360} - S^{T'}$.

En prenant pour le secteur 90° au lieu de 90°12, l'erreur serait en moins et vaudrait $\frac{12}{21.600}$ de la surface de la lune. — Les surfaces sont les surfaces apparentes; ici l'erreur est de l'ordre de $\frac{1}{2.000}$; nous la négligerons.

Si nous remplaçons R' par R, l'erreur sur le cercle est de $\frac{1}{(R-R')^2}$

soit $\frac{44^2}{969^2}$, ce qui correspond à environ $\frac{1}{469}$ de la surface du soleil, et pour le secteur d'angle au centre de 90° à $\frac{1}{1.876}$ de la surface du soleil; pour le segment, l'erreur est inférieure à $\frac{1}{2.000}$; nous avons négligé une erreur de cet ordre, ajoutée à celle-ci elle donnerait $\frac{1}{1.000}$. Pour nos graphiques, cette approximation est trop grande.

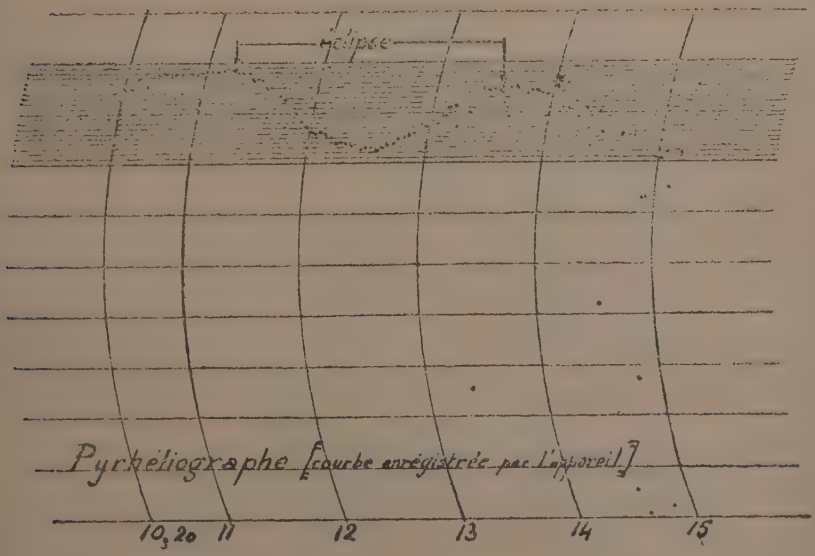
En définitive, nous ne tiendrons compte que de l'erreur + $\frac{1}{100}$ faite au début.

La surface cachée vaut donc

$$2\left(\frac{1}{1}R^2 - \frac{R^2}{2}\right) = R^2\,(1{,}57 - 1) = 0{,}57\,R^2.$$

Rapport de la surface cachée à la surface du soleil :

$\frac{0{,}57\,R^2}{R^2} = \frac{57}{314} = 0{,}18$; comme on a fait une erreur de + $\frac{1}{100}$ on prendra 0,17 comme rapport de la surface cachée à la surface totale du soleil.



⁂

Si nous observons le graphique du pyrhéliographe 1, habituellement en service, nous voyons nettement apparaître l'éclipse. Elle commence environ à 11 h. 15 m., présente son maximum à 12 h. 25 m., environ, pour prendre fin à 13 h. 33 m. (observé).

Calculons au moment du maximum de l'éclipse la surface du soleil cachée par la lune. Nous trouvons que cette surface est les $\frac{17}{100}$ de celle du soleil. Si nous nous reportons au graphique et si, *d'après les observations qui durent depuis 1924*, nous traçons (en pointillé) la courbe *probable* sans éclipse, nous constatons que la *réduction de l'ordonnée 12 h. 25 m. est égale à* $\frac{17}{100}$ à l'erreur d'épaisseur du trait près (v. fig. 3).

De 11 h. à 12 h. 25 m. et même 13 h., les conditions atmosphériques sont restées très sensiblement les mêmes. La distance zénithale a peu varié (variation inférieure à 2°, soit un peu moins de $\frac{1}{100}$ de la distance zénithale).

Nous pouvons donc conclure qu'après un long usage (15 mai 1925) le fonctionnement de l'appareil est resté excellent. Les indications du pyrhéliographe en service *sont bien proportionnelles aux quantités de chaleur rayonnée par le soleil.* Cela semble donc vérifier ce que l'on attendait de l'appareil, fait pour un usage courant et constant comme enregistreur.

⁂

Nos appareils sont étalonnés par comparaison avec un appareil à lecture directe. Nous possédons d'autre part un pyrhéliomètre d'Angström qui nous permet de vérifier notre appareil à lecture directe fonctionnant en pyrhéliomètre et aussi, directement, notre pyrhéliographe enregistreur.

En nous servant des coefficients précédemment établis, nous pouvons exprimer (voir tableau ci-dessous) en $\frac{\text{calories-gr.}}{\text{cm}^2 \text{ min.}}$ la quantité de radiation reçue par nos trois appareils : pyrhéliographe, solarigraphe, solarigraphe (diffus).

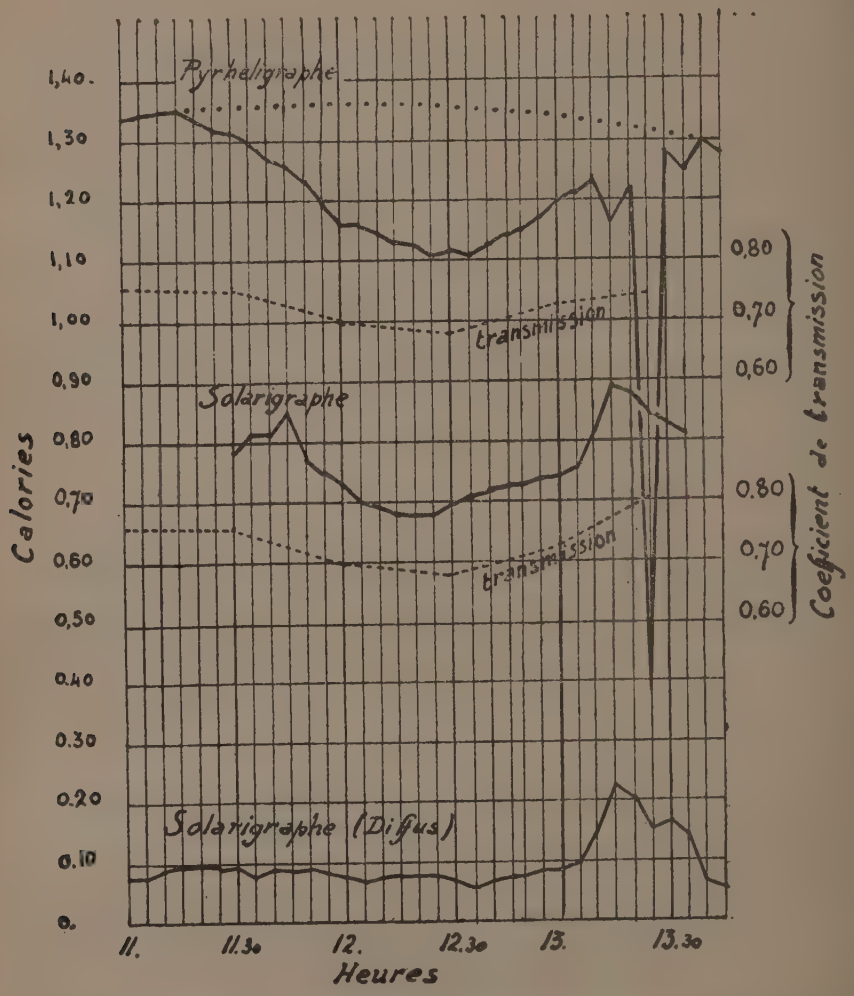
h	Pyrhéliographe c	Solarigraphe c	Solarigraphe diffus c
11	1 334	»	0 073
11 5	1 340	»	0 073
11 10	1 343	»	0 083
11 15	1 349	»	0 090
11 20	1 337	»	0 093
11 25	1 314	»	0 091
11 30	1 313	0 780	0 091
11 35	1 292	0 810	0 075
11 40	1 267	0 810	0 086
11 45	1 254	0 846	0 086
11 50	1 231	0 765	0 086
11 55	1 190	0 741	0 081
12	1 158	0 726	0 073
12 5	1 158	0 696	0 068
12 10	1 140	0 690	0 073
12 15	1 124	0 677	0 072
12 20	1 121	0 675	0 073
12 25	1 106	0 675	0 072
12 30	1 111	0 690	0 068
12 35	1 106	0 705	0 057
12 40	1 124	0 714	0 066
12 45	1 140	0 720	0 071
12 50	1 147	0 723	0 073
12 55	1 166	0 732	0 081
13	1 193	0 738	0 086
13 5	1 209	0 750	0 097
13 10	1 234	0 810	0 144
13 15	1 16	0 885	0 223
13 20	1 216	0 873	0 205
13 25	0 380	0 840	0 158
13 30	1 279	0 825	0 162
13 35	1 243	0 810	0 145
13 40	1 293	»	0 068
13 45	1 276	»	0 054

Nota. — Si l'on planimètre la surface comprise entre la courbe probable sans éclipse et la courbe pendant l'éclipse, et si l'on calcule par le procédé habituel le nombre de calories correspondant à cette surface, on trouve 18,4 $\frac{\text{calories-gr.}}{\text{cm}^2 \text{ min.}}$

***

Le Service Botanique possède une série de notes, calculs et graphiques, établis par M. Milankovitch, donnant la radiation directe nor-

male ainsi que la radiation directe sur surface horizontale, et par suite la valeur du coefficient de transmission, en supposant la constante solaire égale à 2 $\frac{\text{cal. gram.}}{\text{cm}^2 \text{ min.}}$



Si, en nous servant de ces calculs, nous traçons la courbe du coefficient de transmission pour le pyrhéliographe et le solarigraphe, nous constatons que ces deux courbes coïncident jusqu'à treize heures. Mais, à partir de ce moment, les nuages intervenant, il ne peut être question du coefficient de transmission. Nous constatons alors qu'elle

diminue pour le pyrhéliographe alors qu'elle augmente pour le solarigraphe, ce qui est très normal : les nuages diminuant la quantité de radiation directe, mais augmentant notablement la quantité de radiation diffusée.

∴

Si nous comparons le graphique du 1er novembre 1929 à ceux des 1er novembre 1928 et 1er novembre 1927, nous constatons que la transmission du 1er novembre 1929 jusqu'à l'heure de l'éclipse est meilleure que celle des 1er novembre 1928 et 1er novembre 1927.

Les causes qui modifient le coefficient de transmission sont multiples. Il ressort de la thèse de M. Boutiric que deux des causes importantes seraient la tension de vapeur d'eau et les poussières.

En nous reportant aux observations faites à la Station, nous trouvons :

	Tension de vapeur			Humidité relative			Pression barométrique		
8 heures.....	8,2	8.7	8,8	82	75	88	765.8	761.3	»
10h 40.....	»	»	»	»	»	»	»	»	756 2
13h 40.....	»	»	8,7	»	»	56.2	»	»	755.8
14 heures.....	9,5	9,2	»	50	42	»	»	»	»
Dates.....	1/11/27	1/11/28	1/11/29	1/11/27	1/11/28	1/11/29	1/11/27	1/11/28	1/11/29

Les tensions de vapeur d'eau à 8 heures sont sensiblement les mêmes pour 1928 et 1929: toutefois l'humidité relative est légèrement supérieure pour 1929. — Par contre, les tensions de vapeur d'eau, différentes entre 1927 et 1929, donnent presque la même humidité relative. Les nuits précédant les 1er novembre 1927 et 1er novembre 1928 n'ont pas eu de précipitation atmosphérique, donc atmosphère peu débarrassée de ses poussières: au contraire, dans la nuit du 31 octobre au 1er novembre 1929, pluie. Il semblerait donc que le *rôle des poussières soit très important* puisque le coefficient de transmission pour 1929 est supérieur à ceux de 1927 et 1928, ceux-ci étant à peu près les mêmes.

Tirer une conclusion sur l'importance primordiale des poussières serait peut-être prématuré. Des observations pourront être faites les jours de siroco, ce vent transportant passablement de sable.

Ce qui paraît certain, c'est que les pluies favorisent, par la suite, la transmission.

Mais, dira-t-on, les graphiques de 1928 et 1929 sont très voisins le soir. — Oui, mais à partir de 15 heures seulement: n'oublions pas que nous avions depuis 10 h. 30 m. un vent de 30 kilomètres qui a très vraisemblablement ramené des poussières. De plus, il y a d'autres causes que la tension de vapeur d'eau et les poussières qui influent sur le coefficient de transmission.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Station du Service Botanique de Tunis

φ = 36°49' latitude Nord λ = 7°57'21" longitude Est Greenwich

	10 h, 40	10 h. 50	12 h.	12 h. 25	13 h. 40
	—	—	—	—	—
Baromètre (lect. brute) 759^{m}/^{m}75.	»	»	»		759^{m}/^{m}50
Thermomètre du Barom. 18°5.	»	»	»		18°8
Pression barométrique 756/23....	»	»	»		755^{m}/^{m}88
Assmann : Thermom. sec.....	15°4	15°6	16°4		18°2
— — mouillé..	12°8	12°8	13°6		13°
Tension de vapeur.....	9,816	9,7	10,3		8,720
Humidité relative.....	75,2	73	74		56,2

Vent direction N-W, vitesse 30 kil. à l'heure à 12 h. (de 11 h. à 13 h. 60 kil. de vent).

***

11 h. Le ciel très clair au zénith présente quelques nuages à l'horizon.
12 h. 25 Les nuages deviennent plus importants à l'horizon, surtout au Nord-Ouest, la région Est restant plutôt dégagée.
13 h. 03 Un petit nuage peu dense passe devant le soleil.
13 h. 15 Un nouveau nuage passe devant le soleil.
13 h. 18 Un gros nuage noir, mais seul; le bord voile le soleil.
13 h. 24 Un gros nuage noir cache le soleil.
13 h. 25 Un gros nuage noir cache le soleil.
13 h. 33 Point de nuage près du soleil; fin de l'éclipse.

Nota. — Les indications de temps sont données en temps civil légal, qui ne diffère du temps vrai que de + 2 minutes.

L. MONTLAUR

Étalonnage de l'Actinomètre de Bellani en Calories

On sait l'importance qu'a, pour l'agriculture, la connaissance du rayonnement solaire. Aussi, le Service Botanique de Tunisie a-t-il porté depuis longtemps son attention sur les instruments qui permettent sa mesure.

Après avoir installé au Service une station actinométrique pourvue d'appareils enregistreurs (1), on a songé qu'il serait utile de pourvoir les stations météorologiques agricoles installées dans les champs d'expériences régionaux d'un appareil de mesure du rayonnement solaire.

Il fallait trouver un instrument de mesure simple, peu fragile et ne nécessitant aucune connaissance spéciale. L'actinomètre de Bellani remplit ces conditions: de plus, grâce à sa forme sphérique, il reçoit du soleil et de l'atmosphère un rayonnement qui correspond à celui qui parvient à un organisme érigé à la surface du sol.

Cet instrument totalisateur de mesure du rayonnement global doit préalablement être étalonné en calories.

La nécessité de l'étalonnage de l'actinomètre de Bellani n'avait pas échappé à M. Vallot (2), et il avait conclu de ses essais :

.....

« La quantité d'alcool distillé diminuant à mesure que la boule se vide, une courbe d'étalonnage doit être établie par comparaison avec un Arago ou avec un totalisateur déjà étalonné. Chaque instrument a sa courbe particulière dépendant de la teinte de la boule (nous avons utilisé et nous utiliserons par la suite des actinomètres de Bellani à boule blanche: cette particularité n'interviendra donc pas) et de la quantité d'alcool: une fois établie, elle ne change jamais. La température de l'air n'a aucune influence sur la distillation de l'instrument. »

Nous avons pensé étalonner l'actinomètre de Bellani en nous servant d'un de nos appareils enregistreurs.

Nous avions à notre disposition un solarigraphe et un pyrhéliographe. Nous pouvions songer à comparer le Bellani avec le solarigraphe. En effet, ils reçoivent bien tous deux le rayonnement glo-

(1) *Annales du Service Botanique*, t. V., fasc. 2, 1928.
(2) Vallot : C. R. A. S, 1920, t. 170, p. 72.

Table de transformation, en calories, des lectures

Divisions	Calories	Divisions	Calories	Divisions	Calories
cm3		cm3		cm3	
0.0	»				
2	7.8	5,2	195.3	10.2	406.8
4	15.6	4	203.1	4	416.1
6	22.4	6	210.9	6	425.4
8	31.2	8	218.7	8	434.7
1.0	39.0	6.0	226.5	11.0	444.0
2	46.6	2	234.6	2	453.6
4	54.2	4	242.7	4	463.2
6	61.8	6	250.8	6	472.8
8	69.4	8	258.9	8	482.4
2.0	77.0	7.0	267.0	12.0	492.0
2	84.4	2	275.4	2	501.9
4	91.8	4	283.8	4	511.8
6	99.2	6	292.2	6	521.7
8	106.6	8	300.6	8	531.6
3.0	114.0	8.0	309.0	13.0	541.5
2	121.2	2	317.7	2	551.7
4	128.4	4	326.4	4	561.9
6	135.6	6	335.1	6	572.1
8	142.8	8	343.8	8	582.3
4.0	150.0	9.0	352.5	14.0	592.5
2	157.5	2	361.5	2	603.0
4	165.0	4	370.5	4	613.5
6	172.5	6	379.5	6	624.0
8	180.0	8	388.5	8	634.5
5.0	187.5	10.0	397.5	15.0	645.0

Cette table indique le nombre de calories gr. et 1,10 par cm² minute, correspondant à la distillation, en fonction des divisions de l'actinomètre de BELLANI.

La variation du coefficient de transformation des divisions en calories est une fonction linéaire et croissante à partir de 4 cm3.

Aussi, en pratique, on ne cherchera pas à mettre l'actinomètre en station exactement au zéro; mais on prendra un point de départ au-dessus de 5 cm3.

de l'Actinomètre de BELLANI N° 430 (Thurneyssen)

Divisions	Calories	Divisions	Calories	Divisions	Calories
cm3		cm3		cm3	
15.2	655.8	20.2	942.3	25.2	1266.3
4	666.6	4	954.6	4	1280.1
6	677.4	6	966.9	6	1293.9
8	688.2	8	979.2	8	1307.7
16.0	699.0	21.0	991.5	26.0	1321.5
2	710.1	2	1004.1	2	1335.6
4	721.2	4	1016.7	4	1349.7
6	732.3	6	1029.3	6	1363.8
8	743.4	8	1041.9	8	1377.9
17.0	754.5	22.0	1054.5	27.0	1392.0
2	765.9	2	1067.4	2	1406.4
4	777.3	4	1080.3	4	1420.8
6	788.7	6	1093.2	6	1435.2
8	800.1	8	1106.1	8	1449.6
18.0	811.5	23.0	1119.0	28.0	1464.0
2	823.2	2	1132.2	2	1478.7
4	834.9	4	1145.4	4	1493.4
6	846.6	6	1158.6	6	1508.1
8	858.3	8	1171.8	8	1522.8
19.0	870.0	24.0	1185.0	29.0	1537.5
2	882.0	2	1198.5	2	1552.5
4	894.0	4	1212.0	4	1567.5
6	906.0	6	1225.5	6	1582.5
8	918.0	8	1239.0	8	1597.5
20.0	930.0	25.0	1252.5	30	1612.5

ci un exemple de calcul :

ture de départ.....	5.4	203.1
ture de l'observation.....	17.6	788.7
Différence.....		585.6

.6 calories est le nombre résultant de l'observation.

bal, mais tandis que dans le solarigraphe on a une surface horizontale absorbante, dans le Bellani l'absorption s'effectue par la masse d'alcool contenue dans la boule.

Restait le pyrhéliographe. Cet appareil ne reçoit que le rayonnement direct. Il fallait donc que le Bellani ne reçut, lui aussi, que le rayonnement direct. Le dispositif suivant a été imaginé à cet effet.

Une série de disques percés d'un trou central de diamètre égal à celui de la boule de Bellani est monté sur un héliostat. Au dernier disque est soudé un cylindre à double paroi protégeant la boule de tout rayonnement autre que le rayonnement direct : la deuxième paroi, ou paroi interne du cylindre, est percée de trous permettant la circulation de l'air (*fig.* 1).

Le Bellani devant rester dans une position verticale, il était impossible de le fixer sur l'héliostat. On a donc été contraint de faire les observations aux environs du passage du soleil au méridien : entre 10 h. et 14 h.

Avec ce dispositif il nous était possible de comparer le nombre de centimètres cubes de liquide distillé au nombre de : $\frac{\text{calories gr.}}{\text{cm}^2 \times \text{seconde}}$ reçues par le pyrhéliographe.

L'étalonnage a duré 4 jours et a été établi par des mesures entreprises les 5, 6, 9 et 15 juin; il a été accompli entre 10 h. et 14 h. 30.

Les conditions météorologiques, assez bonnes dans l'ensemble, étaient particulièrement favorables le 5 juin.

Le 5, temps très clair. Quelques cirrus à l'horizon et à l'Est.
Le 6, un voile léger de brume au zénith.
Le 9, vent léger cirro-cumulus au NNO à partir de 11 heures.
Le 15, vent modéré; au NO cirrus en touffes.

FIG. 1. — DISPOSITIF POUR L'ÉTALONNAGE DE L'ACTINOMÈTRE DE BELLANI.

Pendant le fonctionnement, la boule de l'actinomètre est complètement engagée dans le cylindre protecteur à double enveloppe. Les diaphragmes sont percés d'ouvertures de même diamètre que la boule.

L. MONTLAUR

Un Appareil radio-électrique de Mesure de l'Humidité

La nécessité où se trouvait le Service Botanique de Tunisie de posséder pour l'étude de la valeur boulangère d'un Blé un moyen de mesure rapide de l'humidité d'un grain, la lecture d'une publication : *Canadian Journal of Research*, nous ont conduit à construire un appareil radio-électrique de *mesure instantanée de l'humidité d'un grain* (1).

Les différentes concentrations d'un même liquide, l'humidité d'un Blé, d'une farine, sont autant de questions qui font partie d'un même problème dont l'importance apparaît très grande. Il est évident que la technique de la recherche du pourcentage d'eau devra être spécialement adaptée à chacun des cas envisagés.

Pendant que la mise au point de l'appareil pour la mesure de l'humidité d'un Blé se poursuivait, des mesures étaient faites avec des acides, des bases, des sels de dilution connue variant du 1/10.000 au 1/100. Les courbes avaient toutes la même allure, montrant une relation, toujours la même, entre la concentration et l'intensité du courant.

Persuadé de l'influence de l'eau sur la conductibilité, il restait à s'assurer si l'appareil pouvait être adapté à la mesure de l'humidité du sol.

L'étude de la question fut donc entreprise.

On sait que l'introduction d'un diélectrique entre les lames d'un condensateur modifie sa capacité et sa résistance et par suite les pertes d'énergie dans un circuit oscillant.

Considérons un tel circuit, formé d'une self et d'un condensateur plan. Si l'on appelle R^d la résistance d'un condensateur rempli d'un diélectrique, R^a sa résistance lorsque le diélectrique est remplacé par de l'air; en appelant i l'intensité efficace dans le circuit, la perte totale d'énergie est dans le premier cas $R^d.i^2$ dans le deuxième cas $R^a.i^2$. La perte due au diélectrique est donc la différence, soit : $(R^d - R^a).\ i^2$.

En faisant varier l'épaisseur du diélectrique et la longueur d'onde sur laquelle on fait la mesure, on trouve la loi suivant laquelle varie cette perte. En appelant F le champ électrique qui existe dans le

(1) Burton et Pitt : A new Method of Conductivity Measurement bymeans of an Oscillating Valve Circuit. From the philosophical Magazine, vol. V, Suppl. May 1928. A new method for the rapid estimation of moisture in wheat Canadian Journal of Research, Vol. 1 N° 2, July 1929.

diélectrique, la perte de puissance par centimètre cube est de la forme

$$p = \frac{K F^2}{\lambda}$$

K étant la constante du diélectrique employé. Si l'on désigne par V^1 et V^2 les potentiels de chacune des armatures et par e la distance qui les sépare, on a :

$$F = \frac{V^1 - V^2}{e}, \text{ d'où } p = \frac{K (V^1 - V^2)^2}{\lambda e^2}$$

ceci pour l'unité de volume, et pour tout le diélectrique de volume v on a :

$$P = \frac{K (V^1 - V^2)^2}{\lambda e^2} . v$$

Comme nous avons opéré avec un condensateur plan, $v = S \times e$, d'où, en posant $(V^1 - V^2) = V$,

$$P = \frac{K V^2}{\lambda e} S$$

en faisant apparaître la capacité du condensateur,

$$C^o = \frac{S}{4 \pi e}$$

on a :

$$P = K \frac{V^2 4 \pi C^o}{\lambda}$$

Ainsi, la perte d'énergie, comme le montre la formule, est d'autant plus grande que la constante diélectrique K pour un montage alimenté sous tension constante est plus grande (la capacité C^o restant fixe).

Un milliampèremètre placé sur le circuit nous indiquera donc les variations de K; en effet, la puissance consommée dans un circuit est E. I ; comme E est constant, quand la consommation augmentera, par suite de l'augmentation des pertes, I augmentera. Il y a donc une relation entre K et I. Il sera possible de représenter graphiquement les variations de K en fonction de I.

Humidité du Blé. — Jusqu'à ces dernières années, les méthodes habituellement utilisées pour la détermination de l'humidité d'un grain étaient :

1° Méthode de dessiccation à l'étuve, dite « lente », consistant à chauffer entre 98 et 100° pendant cinq heures un échantillon de grain. Outre sa lenteur, cette méthode présente un autre inconvénient : brunissement du grain indiquant une altération de ses réserves, une modification de sa composition chimique.

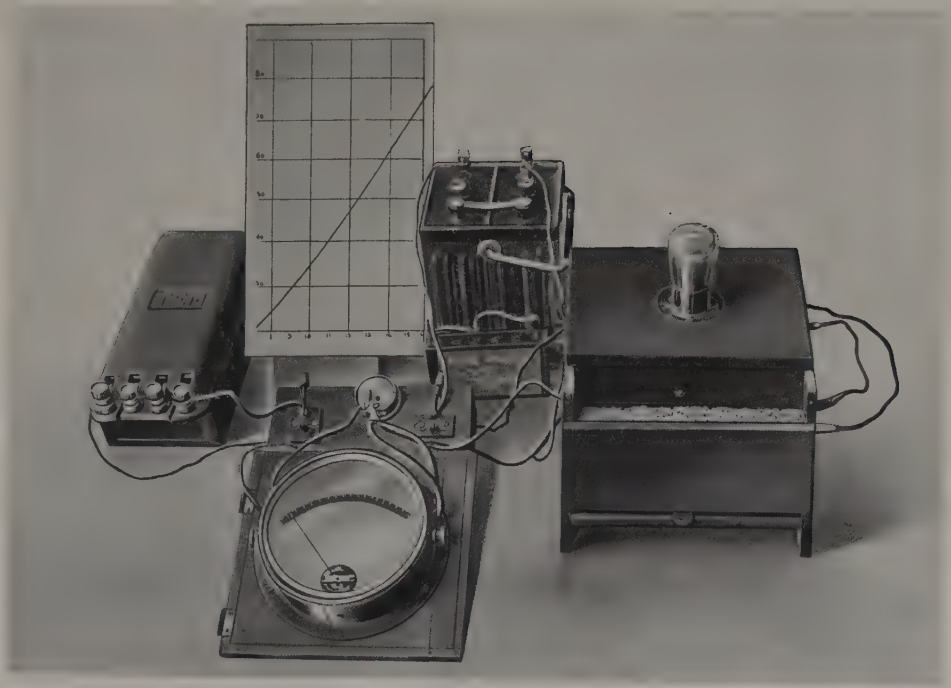


FIG. 1. — APPAREIL RADIO-ÉLECTRIQUE POUR LA MESURE RAPIDE DE L'HUMIDITÉ.

Pour éviter cette altération, il faut opérer dans le vide pendant quarante-huit heures, et ne pas dépasser 98°. On arrive ainsi à enlever toute l'eau;

2° Méthode de dessiccation à l'étuve, dite « rapide ». Si l'on veut opérer plus rapidement, il faut, tout en maintenant le vide, chauffer jusqu'à 135° pendant une heure seulement; mais cette méthode n'élimine pas toute l'humidité. La moindre variation de pression, de température ou de durée de chauffage modifie, pour un même échantillon, les résultats de mesure d'humidité;

3° Méthode Brown-Duvel. Chauffage jusqu'à 180° du Blé dans une huile à point d'ébullition élevé; condensation de l'eau dégagée, dont on mesure le volume. Cette méthode n'est pas plus précise que les précédentes, car de faibles erreurs dans la détermination de la température entraînent des différences notables dans le pourcentage d'eau mesuré.

En résumé, jusqu'à présent, les méthodes « rapides » ne donnent pas de résultats restant comparables à eux-mêmes. Les méthodes précises demandent beaucoup de temps et l'on n'est jamais sûr d'extraire la totalité de l'eau interposée sans toucher à l'eau de constitution des composants du grain.

Burton et Pitt décrivent un appareil permettant, à l'aide d'un circuit oscillant, d'obtenir rapidement la mesure de l'humidité contenue dans un échantillon placé dans un récipient que l'on introduit dans la self. La réalisation d'un appareil s'inspirant du même principe, avec une lampe triode différente et sans condensateur variable, ne donna pas entière satisfaction au point de vue de la sensibilité de l'appareil.

Berliner et Ruter (1) utilisent également un circuit oscillant; ce dernier montage comporte un résonnateur, un galvanomètre et un condensateur dont le diélectrique est constitué par le Blé dont on veut déterminer l'humidité; un condensateur variable est monté en parallèle avec le condensateur à diélectrique de grain.

Pour ne pas apporter dans le circuit oscillant d'autre variation de capacité que celle due à l'introduction du grain, nous avons voulu éviter l'emploi d'un condensateur variable; nous avons établi un montage radio-électrique spécial comprenant un condensateur dont le diélectrique est le Blé (*fig.* 1).

La constante diélectrique d'un corps dépend de sa composition. Alors que pour les constituants d'un grain, autres que l'eau, la valeur de cette constante ne dépasse pas 10 (cellulose 6,5, amidon 10), pour l'eau elle atteint 81.

Parmi les constituants d'un grain, l'eau est celui dont la proportion peut varier dans les plus larges limites. Il n'est pas étonnant

---

(1) Berliner et Ruter : Betrachtungen über die verschiidenen Arten der Wasserbindung und Beschreibung einer neuen Schnellwasserbestimmung. « Zeitschrift für das gesamte Mühlenwesen » Januar 1929.

Über Feuchtigkeitsbestimungen in Weizen und Roggen mit dem DK-Apparat « Zeitschrift für das gesamte Mühlewesen » April 1929.

que des fluctuations du pourcentage d'humidité entraînent des modifications dans la capacité du condensateur par suite de la variation de la valeur de la constante diélectrique. Pour une même variété de Blé et même pour des variétés différentes, *la valeur de la constante diélectrique d'un grain dépend donc surtout de la quantité d'eau qu'il renferme.*

L'appareil est d'une sensibilité très satisfaisante : pour une courbe allant de 0 à 20 % d'humidité, 1 % d'humidité correspond à une déviation d'environ 5 divisions du milliampèremètre à partir du taux de 10 %. Cette sensibilité peut être augmentée en choisissant une résistance convenable pour le shunt du milliampèremètre, si l'on se borne à faire des mesures comprises entre 8 et 15 par exemple.

Les indications sont constantes : les mesures répétées avec le même échantillon donnent le même résultat à la condition que le tassement du grain soit le même (le tassement intentionnel du grain dans le condensateur ne produit d'ailleurs qu'une faible différence).

La lecture étant instantanée, la mesure est très rapide, ce qui permet de multiplier les prises d'échantillons dans un même lot.

Désireux de vérifier les indications de l'étuve, nous avons adopté la méthode suivante :

Cinq échantillons de 400 gr. chacun d'un même lot de Blé d'humidité normale ont été mis dans des flacons bouchés à l'émeri.

Le premier (A) a été conservé tel quel et pris pour témoin; au 2e (B), il a été ajouté 8 c/m³ d'eau; au 3e (C), 16 c/m³; au 4e (D), 24 c/m³, et au 5e (E) 32 c/m³.

Après 48 heures, la pesée des échantillons a donné les poids suivants :

B	407 g 90
C	415 g 20
D	423 g 55
E	431 g 05

Les échantillons avaient donc pris :

B	7 g 90
C	15 g 20
D	23 g 55
E	31 g 05 d'eau

La méthode officielle de l'étuve consiste à chauffer à 110° pendant 8 heures 5 gr. de Blé. Cette méthode présente un inconvénient : c'est qu'à cette température il y a altération des constituants du grain. Aussi, parallèlement, une série a été chauffée à 102° seulement. M. Matweeff a bien voulu suivre les pertes en poids de 12 échantillons pendant 12 heures; voici résumés dans un tableau les résultats obtenus :

(Un 6e échantillon (F), légèrement séché, avait été ajouté à la série pour avoir une indication sur l'humidité inférieure à la normale.)

ÉTUDE DE LA PERTE D'EAU DANS L'ÉTUVE

FLORENCE	Pour 400 grammes		Perte de poids dans l'étuve pour 400 grammes de Blé							
			102°				110°			
	Eau ajoutée	Poids d'eau absorbée après 48 heures	4h	2h	32h	42h	4h	8h	32h	42h
F	»	»	345	385	475	477	460	475	585	526
A	0 cc	0	345	420	505	508	425	500	550	575
B	8 cc	7,90	450	515	575	595	535	595	640	670
C	16 cc	15,20	560	610	650	675	655	695	750	760
D	24 cc	23.55	665	700	770	785	750	775	825	835
E	32 cc	31,05	675	755	865	885	830	845	905	907

Ces nombres sont exprimés en milligrammes.

Si l'on suit les pertes d'eau à 102°, on constate qu'à partir de la 32e heure les pertes sont insignifiantes. L'étuve a extrait le maximum d'eau. Au bout de 8 heures et à 110° les résultats obtenus sont très comparables à ceux obtenus au bout de 32 heures et à 102°. On peut donc admettre qu'au delà de ce temps la décomposition des matières organiques intervient.

Envisagée de ce point de vue la méthode officielle est donc acceptable.

Si l'on appelle P^t le poids total de l'échantillon du Blé, P^s le poids de matière sèche et P^e le poids d'eau, on a :

$$P^t = P^s + P^e$$

et le % d'eau sera $\frac{100.\ P^e}{P^s}$, car seul le poids de matière sèche est fixe.

Les rapports ne pourront être comparés entre eux que si l'on part d'une base fixe, ici le poids de matière sèche.

Etant donné la façon d'opérer on a :

$$(1)\ \begin{cases} P^t.\ A = P^s + P^e \\ P^t.\ B = P^s + P^e + 7^g90 \\ P^t.\ C = P^s + P^e + 15^g20 \\ P^t.\ D = P^s + P^e + 23^g55 \\ P^t.\ E = P^s + P^e + 31^g05 \end{cases}$$

Dans l'étuve, 5 gr. de l'échantillon A ont perdu 0^g500 d'eau.

B — 0^g595 —
C — 0^g695 —
D — 0^g775 —
E — 0^g845 —

(colonne 8 heures à 110° c),

ce qui correspond à :

40g	d'eau	pour	A.
48g54	—	—	B.
57g71	—	—	C.
65g65	—	—	D.
72g85	—	—	E.

Mais, d'après les égalités (1), on devrait avoir, en prenant A pour base :

40g	d'eau	pour	A.
47g90	—	—	B.
55g20	—	—	C.
63g55	—	—	D.
71g05	—	—	E.

L'étuve a donné :

0g64	d'eau	de plus	pour	B.
2g51	—	—	—	C.
2g10	—	—	—	D.
1g80	—	—	—	E,

ce qui dépasse la limite de l'erreur possible, qui est de l'ordre de 4dg au maximum.

C'est parce que nous avions constaté cette anomalie dans des expériences antérieures que nous avons repris cette question de l'étuve.

En conclusion, lorsqu'un Blé a été humidifié, l'étuve accuse un poids d'eau supérieur et par suite un % d'eau supérieur à l'humidité réelle.

Est-il possible d'obtenir à l'aide de l'appareil le poids d'eau de l'échantillon pris pour base ?

Le même appareil avec certaines caractéristiques différentes et par suite des sensibilités différentes donnera des courbes qui appartiendront à une même famille. Deux montages permettront donc d'obtenir deux courbes. De la connaissance d'une partie de ces courbes on déduira le poids d'eau de l'échantillon. Cette méthode a donné pour A un poids d'eau de 40g53.

Etant donné le poids d'eau et par suite l'éloignement de l'origine, l'extrapolation est en assez bon accord avec l'étuve, dont les indications peuvent elles-mêmes être entachées d'erreur.

Des indications de l'étuve on déduit :

$$P^t = 400^g$$
$$P^e = 40^g.$$
$$P^s = 400 - 40 = 360^g.$$

$$\%\ \text{d'eau} = \frac{100 \times 40}{360} = 11{,}11$$

En prenant pour base l'échantillon A, on obtient le tableau suivant d'étalonnage :

	% d'eau calculé	Déviation de l'appareil	
F	10,5	26,5	Appareil
A	10,11	27	pour les meuneries
B	13,30	30,5	où l'humidité
C	15,33	45	varie de 12 à 17 %
D	17,65	75	

Le % d'eau est établi en se servant de la relation $\frac{100.\ P^6}{P^s}$ en prenant l'humidité de A pour base et en déduisant les autres rapports en fonction de l'eau absorbée.

Nous avons adapté le montage aux pays chauds : suppression de la pile de polarisation, qui ne tient pas la charge en été. Nous obtenons une sensibilité suffisante; d'ailleurs, les indications du milliampèremètre sont une question de shunt qu'on peut régler suivant la partie de la courbe à utiliser. Voici à titre d'indication une autre sensibilité :

	% d'eau calculé	Déviation de l'appareil	
F	10,5	45	Appareil
A	11,11	48,8	pour silos coopératifs
B	13,30	56	où l'humidité
C	15,33	81	à envisager
			varie de 9 à 13 %

Humidité de la farine. — Poursuivant l'utilisation de l'appareil, il a été adapté à la mesure de l'humidité de la farine.

La farine, on le sait, est capable d'un grand tassement. Pour que les observations restent comparables à elles-mêmes, il fallait obtenir un tassement constant; aussi, il a été construit un condensateur de forme appropriée.

On prend un poids fixe de farine (350 grammes par exemple) qui est ramené à occuper toujours le même volume.

Voici la façon dont nous avons opéré. Des lots de farines ont été mis les uns dans des excicateurs à SO^4H^2, les autres dans des enceintes humides.

Les échantillons étaient pesés, introduits dans le condensateur, tassés. Puis on lisait les déviations. Les échantillons étaient passés à l'étuve, ce qui permettait de connaître l'humidité.

Numéro	Déviation	Pour cent
1	45	14,26
2	41	13,12
3	20	3,72
4	73,5	18,80
5	31,2	10,12

La courbe obtenue a la même allure que celle pour le Blé.

L. YANKOVITCH

Etude préliminaire sur les Assolements en Tunisie

I. Assolement biennal et assolement quadriennal

L'assolement actuellement adopté dans les régions qui reçoivent 400 m/m de pluie est « jachère-Blé »; après une année de jachère soigneusement travaillée, on fait une seule récolte de Blé.

Si cette pratique est très répandue, c'est parce que les avantages qu'elle présente sont nombreux : destruction des mauvaises herbes; constitution d'une réserve d'eau importante, une légère pluie qui humecte la couche labourée suffisante pour que le semis soit placé dans les meilleures conditions; répartition des travaux de l'année sur des mois différents, de sorte qu'on les exécute au moment le plus convenable, avec le minimum de machines et de main-d'œuvre; enfin, maintien et même accroissement de la fertilité, la jachère accumulant dans le sol une très forte quantité d'azote assimilable qui, avec un apport de superphosphate ou de superpotassique, permet une récolte bonne ou très bonne.

Cet assolement présente aussi des inconvénients d'ordre agronomique, sans parler des frais dont il grève la récolte. L'année de jachère est accompagnée d'une consommation intense des matières organiques du sol; la quantité d'éléments assimilables mobilisée par la jachère dépasse même les besoins d'une récolte qui, malgré tous les soins, peut être compromise par un printemps sans pluies ou par le siroco.

Théoriquement, dans un sol de constitution normale, des pluies de 400 m/m devraient permettre l'obtention régulière de près de 20 quintaux de grain, et on peut trouver les moyens de suppléer à une insuffisance de fertilité par l'emploi judicieux des engrais.

La réalisation de la culture continue, par suppression de la jachère, présente des difficultés d'ordre technique; si la terre est compacte, le déchaumage après la récolte s'exécute mal, et le sol est insuffisamment préparé pour les semailles. Il est cependant à prévoir que si, dans certaines régions à terre lourde, l'assolement biennal jachère-Blé persiste, dans les régions plus favorisées par la bonne constitution physique des terres, il peut être remplacé par un autre permettant une meilleure utilisation des conditions naturelles; on ne conserverait la jachère qu'une année sur trois ou quatre, en pratiquant les assolements suivants (à titre d'exemple) :

Jachère Blé Blé	ou	Jachère Blé Vesce + avoine (ou fève) Blé tendre, semaille précoce.

II. Variation de l'azote nitrique au cours de l'assolement quadriennal

Pour nous rendre compte des variations de la fertilité de la terre au cours d'un assolement, nous nous sommes basés sur la quantité d'azote nitrique qui existe dans la couche de 90 cm. d'épaisseur. Nous avons indiqué les raisons d'adopter cette méthode dans une note précédente (1), nous conformant ainsi à l'opinion de Dehérain que « toute terre qui nitrifie bien est une terre fertile »; en effet, puisque cette terre a pu accumuler une forte quantité d'azote nitrique, on doit reconnaître que les microbes y ont trouvé les quantités d'éléments minéraux et de matières organiques suffisantes pour leur développement, ainsi que toutes les autres conditions nécessaires; quoique les exigences des microbes puissent ne pas être identiques à celles des plantes, il y a des raisons de penser que le milieu qui convient aux microbes et autres organismes inférieurs du sol est aussi favorable aux plantes. C'est, d'ailleurs, par application encore plus étroite de cette conception qu'on a créé les méthodes de détermination du besoin des sols en éléments fertilisants, en utilisant l'Azotobacter (méthode de Winogradsky (5), ou l'Aspergillus niger, méthode de Niklas (6).

L'assolement adopté au Service Botanique de Tunisie est le suivant :

1 jachère; 2 Blé; 3 jachère; 4 Blé; 5 Vesce; 6 Blé précoce.

Il peut être considéré comme composé de deux parties indépendantes : 1 et 2 constituant l'assolement biennal déjà étudié (1) (2), 3-4-5-6 un assolement quadriennal que nous allons étudier sommairement, parce que nos analyses sont peu nombreuses.

Les données que nous avons sont réunies dans le tableau 3 et ont servi pour l'établissement des figures 1 et 2 (plus loin).

Les analyses portent sur des champs de nature semblable, mais qui ne sont pas identiques. Elles présentent cependant un certain intérêt pratique, et elles sont suffisantes pour se rendre compte de l'ensemble du phénomène.

Avant de commencer l'interprétation des résultats indiqués dans les tableaux, il est nécessaire de dire quelques mots sur la précision que les analyses présentent. La méthode analytique appliquée, décrite dans notre note (1), a l'avantage d'être expéditive; la précision est suffisante pour le but proposé, parce qu'une analyse soigneusement conduite donne des erreurs de 2-3 % environ. Parfois, les jours à ciel couvert, les lectures colorimétriques deviennent moins précises mais le liquide coloré peut se conserver quelques jours sans altération en attendant le jour bien clair favorable. La deuxième cause

d'erreur est beaucoup plus importante : c'est la teneur très inégale des parcelles d'un même champ en azote nitrique. Nous avons eu l'occasion d'en parler à propos dans notre note précédente (1, page 134); mais nous allons citer encore quelques cas qui peuvent montrer combien il faut être prudent dans le choix de l'endroit des prélèvements des échantillons pour l'analyse. Le 5 décembre 1930, un échantillon fut prélevé au Service Botanique dans un champ de Blé qui venait d'être semé et qui était à peine germé, après la jachère soigneusement préparée. Nous avons trouvé 141 kg. 750 d'azote nitrique rapporté par hectare. Le même jour, dans un autre champ, également semé en Blé après la jachère, mais à un endroit où il y avait une tache de chiendent pendant l'été, nous avons obtenu 35 k. 735 seulement. Entre ces deux résultats présentés dans le tableau 1, il y a une différence très grande qui montre quelle fâcheuse influence peuvent avoir certaines mauvaises herbes.

TABLEAU 1

Influence des mauvaises herbes sur la teneur du sol des jachères en azote nitrique

(Service Botanique, 5 décembre 1930)

	AZOTE NITRIQUE EN MILLIGRAMMES par kilo de terre sèche		AZOTE NITRIQUE EN KILOS par hectare	
	sans herbes	avec mauvaises herbes	sans herbes	avec mauvaises herbes
Couche de 0 à 30 cm....	20 66	3 47	68.180	11.450
— de 30 à 60 cm....	10 20	4 00	43.450	17.040
— de 60 à 90 cm....	7 07	1 70	30.120	7.245
		TOTAL.....	141.750	35 735

Quand on doit interpréter les résultats de ces analyses, on est obligé souvent de raisonner, en ne se fiant pas entièrement aux chiffres obtenus. Ainsi, toujours pour le 5 décembre 1930, dans la jachère qui débute après avoir donné trois récoltes successives, nous avons trouvé des traces d'azote nitrique, environ 2-3 kilos par hectare; ce résultat se rapporte à un champ où l'on a laissé les mauvaises herbes se développer. Les ouvriers et les instruments de culture avaient les travaux urgents d'automne à faire, et ce champ attendait l'hiver pour être mis en état.

Cet exemple est intéressant parce qu'il permet d'espérer qu'un

champ ayant donné la récolte, mais déchaumé et cultivé pendant l'été, peut accumuler vers l'automne une quantité appréciable d'azote nitrique. C'est ainsi qu'après la vesce nous avons trouvé près de 45 kg. d'azote nitrique par hectare, et l'on peut croire qu'après les céréales, ce chiffre peut être aussi facilement atteint grâce à un bon travail du sol; la terre inculte, où l'accès de l'air est plus difficile, ne contient que très peu d'azote nitrique, tout en étant presque aussi humide que la jachère.

TABLEAU 2

Influence du travail de la terre sur l'accumulation de l'azote nitrique (Service Botanique, 25 septembre 1929)

	HUMIDITÉ %	AZOTE NITRIQUE	
		en milligr. par kilo de terre sèche	en kilos par hectare
Jachère 0 à 30	10.0	25.47	84.1
— 30 à 60	12.8	6.07	25.9
— 60 à 90	14.0	4.23	18.0
		TOTAL	128 »
Terre inculte 0 à 30	7.5	2.90	9.6
— 30 à 60	12.6	1.03	4.4
— 60 à 90	14.3	0.62	2.6
		TOTAL	16.6

Ces exemples, qui complètent ceux de notre note précédente (1), démontrent assez bien que les chiffres donnés par l'analyse ne doivent pas être considérés dans leur valeur absolue. Pour cette raison, en établissant le graphique, il m'a paru préférable de ne pas réunir les points obtenus par une ligne droite comme dans la figure 1, mais de faire passer la ligne de telle sorte qu'elle représente l'idée qui résulte de l'ensemble des analyses, comme il est fait dans la figure 2; naturellement, quelques points, dans ces conditions, se trouveront au-dessus ou au-dessous de la ligne.

Le tableau 3 contient d'assez nombreuses analyses relatives à la culture du 1er et du 2e Blés; la culture de la Vesce est assez bien étudiée par quatre analyses seulement; la jachère est peu étudiée à son début (période qui n'a pas pour nous une grande importance), mais plus complètement à partir de décembre et jusqu'aux semailles du Blé.

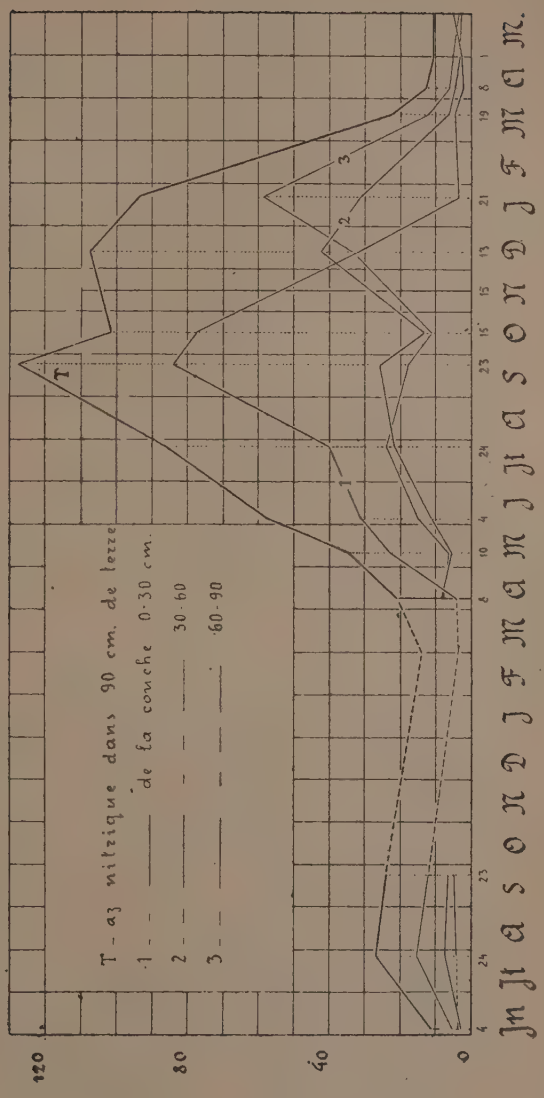

Azote nitrique de la terre
durant la jachère et la culture du blé.
T - az nitrique dans 90 cm. de terre
1 - ——— de la couche 0-30 cm.
2 - — — — — 30-60
3 - — — — — 60-90
T
1
2
3
120
80
40
0
Jn Jt a s o n d j f m a m j Jt a s o n d j f m a m.

FIGURE 1

TABLEAU

Azote nitrique dans le

1° En milligrammes par kilo de terre sèche

DATE	COUCHE cm.	JACHERE	BLÉ	VESCE	BLÉ	INCULT
21 juillet	0 — 30		18.42	4.63	5.08	
	30 — 60		2.87	1.75	0.54	
	60 — 90		3.12	0.96	0.81	
23 septembre ...	0 — 30		25.47	3.66		2.90
	30 — 60		6.07	1.53		1.03
	60 — 90		4.23	1.13		0.62
15 octobre	0 — 30		23.41		11.10	
	30 — 60		3.12		1.15	
	60 — 90		2.57		0.77	
4 décembre	0 — 30	traces			4.40	0.10
	30 — 60	»			1.56	0.40
	60 — 90	»			pas dosé	0.70
13 décembre	0 — 30		12.13		1 10	
	30 — 60		9.42		pas dosé	
	60 — 90		7.25		id.	
24 mars	0 — 30		1.23	0.643		0.72
	30 — 60		0.54	abs.		0.27
	60 — 90		0.56	abs.		0.40
26 avril	0 — 30	3.17	0.28	0.86		0.58
	30 — 60	2.53	0.23	0.33		0.47
	60 — 90	3.75	0.09	0.36		0.29
23 mai	0 — 30	6.82				1.08
	30 — 60	1 99				0.55
	60 — 90	2.93				0.51

champs de l'assolement quadriennal

2° En kilogrammes par hectare

DATE	COUCHE cm.	JACHÈRE	BLÉ	VESCE	BLÉ	INCULTE
	0 — 30		60.800	15.270	16.755	
	30 — 60		12.240	7.455	2.300	
1 juillet	60 — 90		13.300	4.075	3.440	
	0 — 90		86.340	26.800	22.495	
	0 — 30		84.060	12.080		9.600
	30 — 60		25.860	6.520		4.400
3 septembre ...	60 — 90		18.000	4.814		2.600
	0 — 90		127.920	23.410		16.600
	0 — 30		77.250		36.630	
	30 — 60		13.290		4.900	
5 octobre	60 — 90		10.950		3.280	
	0 — 90		101.490		44.810	
	0 — 30	traces			14.520	0.425
	30 — 60	d°			6.645	1.705
4 décembre	60 — 90	d°				2.980
	0 — 90	2 k. env.			26.5 env.	5.110
	0 — 30		40.030			
	30 — 60		40.130			
3 décembre	60 — 90		30.670			
	0 — 90		110.830			
	0 — 30		4.070	2.120	3.500	2.365
	30 — 60		2.185	abs.		1.165
4 mars	60 — 90		2.380	abs.		1.950
	0 — 90		8.635	3 k. env.	5 k. env.	6.480
	0 — 30	10.460	0.910	2.830		1.920
	30 — 60	10.775	0.960	1.385		1.980
6 avril	60 — 90	15.960	0.400	1.535		1.230
	0 — 90	37.175	2.270	5.750		5.130
	0 — 30	22.250				3.555
	30 — 60	8.520				2.325
3 mai	60 — 90	12.475				2.170
	0 — 90	43.470				8.050

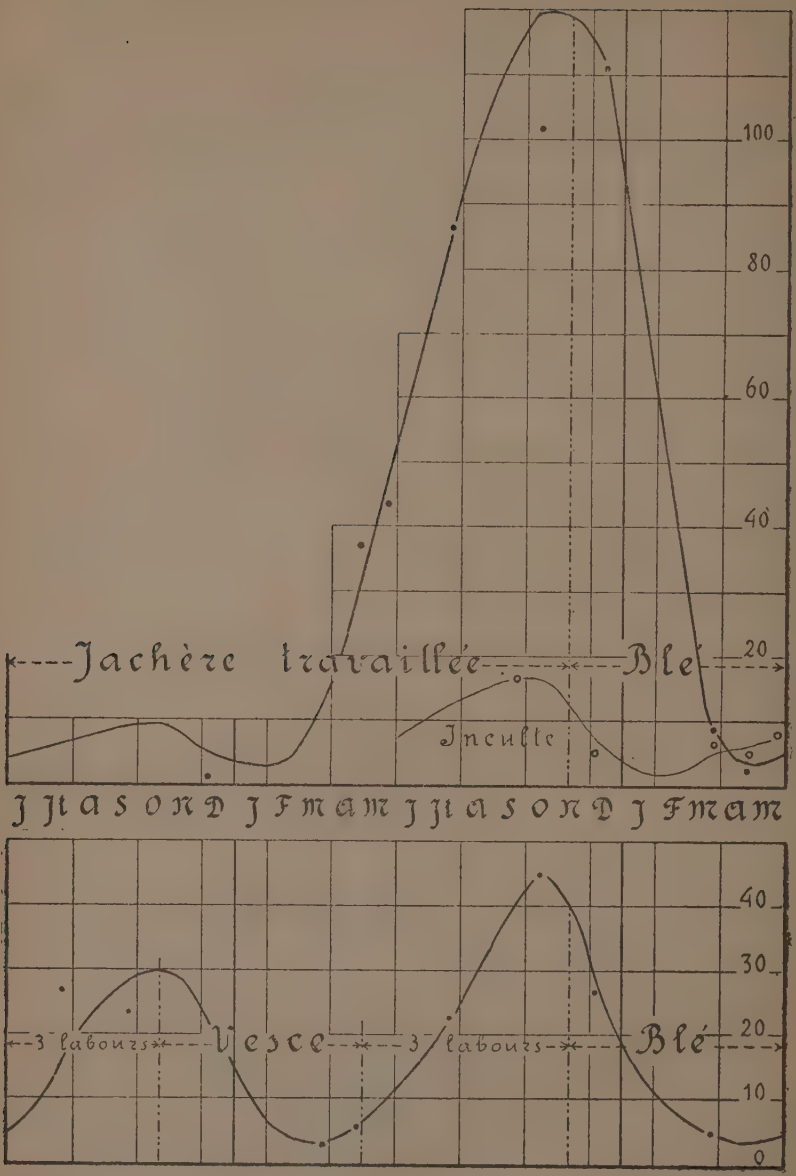


FIG. 7. — AZOTE NITRIQUE, EN KGS PAR HA, DANS LA COUCHE DE 0 A 90 cm, DURANT L'ASSOLEMENT QUADRIENNAL

La figure 1 présente le cycle de l'azote nitrique dans la première moitié de l'assolement quadriennal; la figure 2, pendant toute la durée de l'assolement. Tandis que la première le donne pour les trois couches de 30 cm. prises séparément et pour leur somme (ligne T), nous avons présenté sur la deuxième la variation de la teneur en azote nitrique de la couche totale de 90 cm. (correspondant à la ligne T de la 1re).

1° *Jachère.* — La récolte de Blé se fait vers le 1er juin. Le champ, la plupart du temps, reste sans travail jusqu'à l'automne et n'accumule que très peu d'azote nitrique; pendant l'hiver, quoique déchaumé, il ne peut pas s'enrichir en azote nitrique à cause de la température basse et des pluies qui entraînent l'azote nitrique dans les couches plus profondes. Mais à partir du 1er avril, étant bien labouré, il profite de la chaleur et de l'humidité; l'accumulation de l'azote nitrique est rapide et régulière jusqu'au jour des semailles.

2° *Blé.* — L'azote nitrique, pendant la culture du Blé, est en diminution régulière; le Blé en absorbe relativement peu au début de sa végétation; s'il est semé vers le 15 novembre, il commence à absorber fortement l'azote du sol vers la fin de janvier; à ce moment, ses racines ont environ 1 mètre de long; les nitrates du sol se trouvent à une profondeur variable, suivant les années, qui peuvent être plus ou moins pluvieuses, et suivant la perméabilité plus ou moins grande du sol. Le Blé les utilise assez régulièrement, en les poursuivant par ses racines. Au mois de mars, il arrive à ne plus en laisser que les traces dans la couche de 90 cm., et aux premiers jours d'avril le Blé traverse une période de nutrition azotée légèrement insuffisante.

Si les pluies d'hiver sont trop abondantes, le Blé peut tirer profit d'une application d'engrais azotés en couverture au mois de janvier ou février. Si les pluies sont abondantes, mais bien réparties, on peut aider au Blé plutôt au mois de mars, mais le succès de cette application n'est pas toujours bien régulier et l'application devient difficile à effectuer. Enfin, s'il pleut insuffisamment en automne ou hiver, les engrais azotés sont sans effet.

3° La *vesce*, qui se récolte assez tôt (mi-avril), permet de déchaumer le champ avant l'été; quelques petites pluies de fin mai et de juin relèvent son humidité; la nitrification s'effectue dans d'assez bonnes conditions, et le Blé suivant dispose de près de 45 kg. d'azote nitrique par ha., quantité notable qu'il faut chercher à utiliser raisonnablement.

Il serait à voir si des travaux plus répétés ne pourraient pas augmenter encore cette teneur.

4° Le *Blé qui suit la vesce* a à sa disposition un approvisionnement non négligeable en azote nitrique.

Si nous considérons l'azote nitrique comme un indicateur de la fertilité, nous devrons reconnaître que la culture de la Vesce laisse le

champ en assez bon état. Cependant, en comparaison de la jachère, la teneur en azote nitrique est égale à 0,4 seulement. Il serait de toute importance d'établir si les labours plus profonds et plus nombreux ne pourraient pas contribuer à la meilleure accumulation de l'azote. D'autre part, il serait nécessaire d'avoir les rendements exacts en Blé après la Vesce pour les comparer à ceux après la jachère.

Le champ étant moins fertile qu'après la jachère, on a raison de chercher à allonger la période végétative du Blé par un semis plus précoce. Mais sa fertilité étant assez diminuée, le relèvement de la productivité par l'emploi des engrais devient opportun. On peut croire qu'après l'incorporation des engrais phosphatés et potassiques, en quantité qui est en rapport avec les exigences du sol et son état de fertilité, on doit aussi envisager la nécessité des engrais azotés. Leur application en automne, probablement, serait à sa place: son effet étant de courte durée (trois mois au maximum), une deuxième application d'engrais azotés, au printemps, probablement, serait utile. Si le semis est fait tôt, une seule application d'azote au printemps (fin janvier) pourrait se montrer suffisante.

III. **Pluviométrie et culture continue**

La différence entre l'humidité d'une jachère et d'un champ ayant donné la récolte de Vesce n'est pas très grande.

Tableau 4

Humidité dans un champ ayant porté la vesce comparée à celle d'une jachère (Service Botanique, 21 juillet 1930

	Après la vesce	Jachère	Différence	DIFFÉRENCE exprimée en mm. de pluie
	%	%	%	
Couche de 0 à 30 cm....	6.25	10.30	4.05	13,350
— de 30 à 60 cm....	11.20	12.20	1.05	4,475
— de 60 à 90 cm....	12.90	13.60	0.70	2,980
			Total.....	20,805

En ne considérant que la différence de teneur de ces deux champs en eau, on serait en droit d'estimer la possibilité pour la jachère de donner un excédent de rendement à $\frac{21 \times 10.000}{350} = 600$ kg. de matière sèche, dont 200 kg. de grain. (Un kilo de matière sèche demande

pour la formation environ 350 kg. d'eau si la culture se fait à air libre) (3).

Dans la réalité, il y a deux facteurs qui tendent à augmenter cet écart : 1° l'humidité plus grande du sous-sol de la jachère, et 2° la meilleure utilisation de l'eau par le Blé cultivé après la jachère; la différence entre les rendements devient souvent égale à 4-5 quintaux de grain.

Si le Blé après la jachère, au Service Botanique de Tunisie, peut donner la récolte de 20 à 25 quintaux de Blé, après la Vesce, il doit donner de 15 à 20 quintaux.

IV. Rôle des engrais dans la culture de Blé qui suit la Vesce

Nous avons montré dans la note précédente (1) que, même après la jachère, les engrais azotés permettent le relèvement de rendement de 4 quintaux environ. Evidemment, leur épandage au mois de février ou mars présente certaines difficultés et leur action dépendra des pluies qui auront lieu après l'épandage. Ajoutons que cette application est superflue les années à hiver peu pluvieux (les concentrations du sol sont considérables et suffisent à la récolte), comme, par exemple, celui de 1929-30 à Tunis; elle ne donne alors aucune augmentation de rendement et n'agit que sur la teneur de la récolte en azote. Par contre, elle peut donner des résultats meilleurs si l'année est très pluvieuse.

Pratiquement, l'emploi des engrais azotés après la jachère est exceptionnel et ne peut rendre de bons services que dans le cas d'un retard considérable dans le semis (si le champ est propre) ou d'une inondation du champ.

Après la Vesce, le cas est différent. La terre est plus pauvre en azote nitrique et, en conséquence, en autres éléments fertilisants.

Les conditions à réaliser, à notre avis, sont les suivantes : bonne préparation de la terre, qui ne doit pas porter de mauvaises herbes; incorporation des engrais non azotés, superphosphate ou superpotassique, suivant la terre; semis un peu précoce pour que le Blé puisse profiter des nitrates du sol et taller; ce tallage est indispensable pour donner un nombre suffisant d'épis par mètre carré; l'application de 25-40 kg. d'azote par hectare au début de février permettra à ces épis de se développer normalement et de ne pas avoir des épillets avortés. Nous croyons que, dans ces conditions, on pourra arriver à l'obtention d'une récolte de 18-20 quintaux à l'hectare.

Cette étude n'est qu'une première reconnaissance et comporte beaucoup de suppositions. Elle demande une vérification conduite avec persévérance et méthode. Les raisonnements ont été appliqués à une terre assez légère, argilo-calcaire, où, comme nous l'avons démontré par nos exemples, la différence d'humidité après la Vesce ou dans une jachère n'est pas considérable.

Dans tous les cas, les essais de culture continue ont été entrepris et quelques agriculteurs ont adopté des assolements comportant plusieurs pailles successives (4).

BIBLIOGRAPHIE

(1) YANKOVITCH. *Annales du S. B. de Tunisie*, tome VI. 1929, p. 119-161.

(2) YANKOVITCH. *La Tunisie Agricole*, janvier 1930, p. 7.

(3) ANDRÉ. *Chimie végétale*, éd. 1924, Vol. II, p. 352.

(4) A. MARTINIER. *La Tunisie Agricole*, 1928, p. 78.

(5) WINOGRADSKY. *Ann. de l'Inst. Pasteur*, XL, 1926, p. 495.

(6) H. NIKLAS, H. POSCHENRIEDER et J. TRISCHER. *Ann. Sc. Agr. fr. et étrang.*, 1930, n° 6, p. 770.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Les résultats des recherches génétiques sur le Blé (Kajanus Birger). — Analysé par Jacques Pottier 1

Valeur boulangère des Blés tendres de la Tunisie. — Bœuf, Matweeff et Séguéla 23

Remarques sur la valeur corrective du Blé « Irakié ». — Marcel Chopin 51

Influence des facteurs climatériques et des engrais sur la teneur des Blés tunisiens en matières azotées et leur valeur boulangère. — L. Yankovitch et M. Matweeff 55

Etude d'arboriculture fruitière. — Les arbres à fruits à noyau. — L. Guillochon 73

Le traitement de la carie du Blé et la préservation des grains vis-à-vis des insectes parasites. — Albert Petit 95

Observations sur la carie du Blé. — Albert Petit 101

Observations sur le charbon du Blé (*Ustilago tritici*). — Albert Petit. 105

De la transmission des rouilles des Céréales en Tunisie. — Albert Petit 111

Remarques sur la classification des Bactéries. — Albert Petit 131

Sur le calcul de la transparence atmosphérique pour la radiation solaire et ses applications aux oasis sahariennes. — Ladislas Gorczynski 157

Valeurs maxima de l'intensité du rayonnement solaire observées dans les différentes régions du globe terrestre. — Ladislas Gorczynski. 179

Sur l'emploi des filtres solaires dans l'actinométrie. — Ladislas Gorczynski 195

Observations actinométriques faites, à Tunis, pendant l'éclipse du 1er novembre 1929. — L. Montlaur 205

Etalonnage de l'actinomètre de Bellani en calories. — L. Montlaur... 213

Un appareil radio-électrique de mesure de l'humidité. — L. Montlaur. 217

Etude préliminaire sur les assolements en Tunisie. — L. Yankovitch. 225